

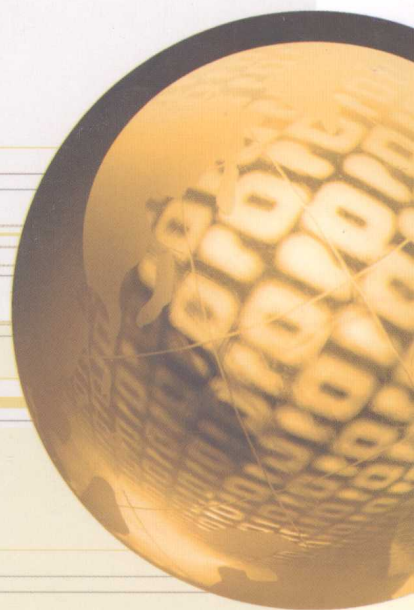


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业



数控机床 加工工艺及设备 (第2版)

田 萍 主 编
雷丽萍 邓唯一 副主编
黄志辉 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业

数控机床加工工艺及设备

(第 2 版)

田 萍	主 编
雷丽萍 邓唯一	副 主 编
黄志辉	主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材是在第一版的基础上,并总结近几年的教学经验修订而成的,修订时保留了第一版的特色,同时注意了精选内容。

全书以数控机床加工工艺为主线,以常规的制造技术为基础,通过典型数控设备的实例,系统介绍了数控机床加工工艺及设备的基础知识,注重知识的实用性,并能反映数控机床加工工艺及设备领域内的新技术和新动向。同时,本书结合全国数控技能大赛和数控机床操作工职业技能鉴定的题型及数控加工生产实例等精选习题,是一本针对性、示范性、实用性较强的教材。

本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的数控技术应用、机电一体化、机械制造等专业的教材,也可供相近专业师生及有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床加工工艺及设备/田萍主编. —2版. —北京:电子工业出版社, 2009.2

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·数控技术应用专业

ISBN 978-7-121-07519-3

I. 数… II. 田… III. 数控机床—高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 155727 号

责任编辑:陈晓明 特约编辑:高文勇

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:20.75 字数:531 千字

印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:30.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

出版说明

2002 年 10 月,电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材,从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月,已经出版了 70 余种。时至今日已有 2 年多的教材使用时间,这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求,为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能,2005 年 7 月,我们在杭州组织召开教材研讨会,针对上述 4 个专业的大部分教材的内容的修订听取了到会老师的意见,明确了修订教材的编写思路和编写原则,确定了修订版教材的编写人员,计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分,这批修订版教材均标明“(第 2 版)”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下:

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度,其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式,而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案,以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足,使其内容更加贴近企业用人的需求,更加有利于学生就业,让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时,我们亦深知:高等职业教育的改革不能一蹴而就,编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力,不断改进创新,为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内,我们结交了全国的许多优秀教师,他们的人品德行、人格魅力、学识水平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅,并且给我们以启迪:学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友,目的只有一个,那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量,在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下:

机电一体化技术,电气自动化技术,数控技术,模具技术,应用电子技术,通信技术。

电子工业出版社高等职业教育教材事业部

2006 年 3 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”
编写的院校名单（排名不分先后）

桂林工学院南宁分院

江西信息应用职业技术学院

江西蓝天职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

保定职业技术学院

安徽职业技术学院

杭州中策职业学校

黄石高等专科学校

天津职业技术师范学院

福建工程学院

湖北汽车工业学院

广州铁路职业技术学院

台州职业技术学院

重庆工业高等专科学校

济宁职业技术学院

四川工商职业技术学院

吉林交通职业技术学院

连云港职业技术学院

天津滨海职业技术学院

杭州职业技术学院

重庆职业技术学院

重庆工业职业技术学院

广州大学科技贸易技术学院

湖北孝感职业技术学院

江西工业工程职业技术学院

四川工程职业技术学院

广东轻工职业技术学院

西安理工大学

辽宁大学高职学院

天津职业大学

天津大学机械电子学院

九江职业技术学院

包头职业技术学院

北京轻工职业技术学院

黄冈职业技术学院

郑州工业高等专科学校

泉州黎明职业大学

浙江财经学院信息学院

南京理工大学高等职业技术学院

南京金陵科技学院

无锡职业技术学院

西安科技学院

西安电子科技大学

河北化工医药职业技术学院

石家庄信息工程职业学院
三峡大学职业技术学院
桂林电子工业学院高职学院
桂林工学院
南京化工职业技术学院
湛江海洋大学海滨学院
江西工业职业技术学院
江西渝州科技职业学院
柳州职业技术学院
邢台职业技术学院
漯河职业技术学院
太原电力高等专科学校
苏州经贸职业技术学院
金华职业技术学院
河南职业技术师范学院
新乡师范高等专科学校
绵阳职业技术学院
成都电子机械高等专科学校
河北师范大学职业技术学院
常州轻工职业技术学院
常州机电职业技术学院
无锡商业职业技术学院
河北工业职业技术学院
天津中德职业技术学院
安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院
河南机电高等专科学校
深圳信息职业技术学院
河北工业职业技术学院
湖南信息职业技术学院
江西交通职业技术学院
沈阳电力高等专科学校
温州职业技术学院
温州大学
广东肇庆学院
湖南铁道职业技术学院
宁波高等专科学校
南京工业职业技术学院
浙江水利水电专科学校
成都航空职业技术学院
吉林工业职业技术学院
上海新侨职业技术学院
天津渤海职业技术学院
驻马店师范专科学校
郑州华信职业技术学院
浙江交通职业技术学院
江门职业技术学院
广西工业职业技术学院
广州市今明科技公司

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。数控加工和数控设备的应用也呈现突飞猛进之势,包括以组合机床为主的大量生产方式现在都向以数控设备为主的生产方式转变,社会上对掌握数控技术的应用技能型人才需求越来越大,特别是对掌握数控加工技术的复合型人才需求量更大。

目前国内关于数控加工工艺和数控设备应用的书籍不多,一类单纯介绍数控设备,另一类则讲述数控加工工艺,而本书把数控加工工艺与数控设备结合起来,使教材更具系统性和实用性。本书是根据教育部积极发展高等职业教育,大力推进高等专科教育人才培养模式的改革,按照《高职高专教育数控机床加工工艺及设备教学基本要求》编写而成的。本教材内容以数控机床加工工艺涉及的问题为主线,在适当讲述传统制造工艺知识的基础上,突出机床加工工艺设计及设备的机械结构;以培养学生从事实际工作的基本能力和基本技能为目的,本着理论知识以必需、够用为度,注重知识的系统性和实用性,同时尽量反映数控机床加工工艺及设备领域内的新技术和新动向。

本书由田萍任主编。全书共9章;第1章、第3章、第5章、第8章、第9章由三峡电力职业学院田萍编写;第6章、第7章由太原城市职业技术学院雷丽萍编写;第2章、第4章由三峡电力职业学院邓唯一编写;苏州工业园区职业技术学院黄志辉主审。全书由田萍统稿。本书可作为机电一体化、数控技术专业“数控机床加工工艺及设备”课程及实训的教材,也可供相近专业师生及有关工程技术人员参考。

本书在编写过程中参考了华中精密仪器厂提供的信息,还参阅了大量同行的教材、资料与文献,得到黄柏涛总工程师、付正江副教授等的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平,书中难免存在一些错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 数控加工的概述	(1)
1.1.1 数控与数控机床	(1)
1.1.2 数控加工工艺	(2)
1.1.3 数控加工流程	(3)
1.1.4 数控加工的特点	(4)
1.2 数控机床的组成及分类	(5)
1.2.1 数控机床的组成	(5)
1.2.2 数控机床的分类及应用范围	(8)
1.3 数控机床的主要性能指标	(13)
1.3.1 数控机床的精度	(13)
1.3.2 数控机床的控制轴数与联动轴数	(14)
1.3.3 数控机床的运动性能指标	(15)
1.4 数控机床的发展趋势	(16)
习题 1	(17)
第 2 章 数控加工的切削基础	(20)
2.1 切削运动与切削要素	(20)
2.1.1 切削运动和加工中的工件表面	(20)
2.2 金属切削刀具	(24)
2.2.1 常用刀具种类	(24)
2.2.2 刀具材料	(25)
2.2.3 刀具几何角度	(28)
2.2.4 刀具失效和刀具耐用度	(35)
2.3 金属切削过程	(38)
2.3.1 切屑的形成及种类	(38)
2.3.2 积屑瘤	(41)
2.3.3 切削力	(42)
2.4 金属材料的切削加工性	(44)
2.4.1 切削加工工艺性的概念和指标	(44)
2.4.2 影响切削加工性的因素	(46)
2.4.3 改善金属材料切削加工性的途径	(46)
2.5 切削用量及切削液的选择	(46)
2.5.1 切削用量的选择	(46)
2.5.2 切削液的选择	(48)

习题 2	(50)
第 3 章 工件在数控机床上的装夹	(53)
3.1 工件的装夹方式	(53)
3.1.1 直接找正装夹	(53)
3.1.2 划线找正装夹	(54)
3.1.3 采用夹具装夹	(54)
3.2 机床夹具概述	(54)
3.2.1 机床夹具的分类	(54)
3.2.2 机床夹具的组成	(55)
3.3 工件的定位	(56)
3.3.1 六点定位原理	(56)
3.3.2 限制工件自由度与加工要求的关系	(57)
3.3.3 六点定位原理的应用	(57)
3.3.4 定位与夹紧的关系	(60)
3.4 定位基准的选择	(60)
3.4.1 基准及其分类	(60)
3.4.2 定位基准的选择	(62)
3.5 常见定位元件及定位方式	(66)
3.5.1 工件以平面定位	(68)
3.5.2 工件以圆孔定位	(70)
3.5.3 工件以外圆柱面定位	(72)
3.5.4 工件以一面两孔定位	(74)
3.5.5 定位误差	(74)
3.6 工件的夹紧	(75)
3.6.1 夹紧装置的组成	(75)
3.6.2 夹紧力的确定	(75)
3.6.3 典型夹紧机构	(78)
3.6.4 力源传动装置	(80)
习题 3	(81)
第 4 章 数控加工工艺基础	(87)
4.1 机械加工工艺过程的基本概念	(87)
4.1.1 生产过程和工艺过程	(87)
4.1.2 机械加工工艺过程的组成	(87)
4.1.3 生产纲领、生产类型及其工艺特征	(90)
4.2 数控加工工艺概述	(92)
4.2.1 数控加工工艺的基本特点	(92)
4.2.2 数控加工工艺的主要内容	(93)
4.2.3 数控加工工艺规程的编制	(94)
4.3 数控加工工艺分析	(99)
4.3.1 数控加工内容的选择	(99)

4.3.2	数控加工零件的工艺性分析	(99)
4.4	数控机床加工工艺路线的设计	(102)
4.4.1	数控机床典型表面加工方法及加工方案简介	(102)
4.4.2	加工阶段的划分	(106)
4.4.3	工序的划分	(107)
4.4.4	加工顺序的安排	(109)
4.5	数控加工工序设计	(111)
4.5.1	机床的选择	(111)
4.5.2	工件的定位与夹紧方案的确定和夹具的选择	(112)
4.5.3	数控刀具的选择	(113)
4.5.4	走刀路线的确定和工步顺序的安排	(114)
4.5.5	切削用量的确定	(114)
4.5.6	加工余量	(115)
4.5.7	工序尺寸及其公差确定	(117)
4.5.8	测量方法的确定	(124)
习题 4		(125)
第 5 章	数控车床及车削加工工艺	(130)
5.1	数控车床简介	(130)
5.1.1	数控车床的组成	(130)
5.1.2	数控车床的布局	(131)
5.1.3	数控车床的用途	(133)
5.1.4	数控车床的分类	(134)
5.1.5	数控车床的传动与主要机械结构	(136)
5.2	数控车床加工工艺分析	(143)
5.2.1	数控车床的主要加工对象	(143)
5.2.2	数控车床加工零件的工艺性分析	(145)
5.3	数控车床加工工艺路线的拟订	(147)
5.3.1	工序的划分	(147)
5.3.2	加工顺序的确定	(148)
5.3.3	进给路线的确定	(149)
5.3.4	夹具的选择	(153)
5.3.5	刀具的选择	(157)
5.3.6	切削用量的选择	(164)
5.4	典型零件的数控车削加工工艺分析	(168)
5.4.1	轴类零件数控车削加工工艺	(168)
5.4.2	轴套类零件数控车削加工工艺	(170)
习题 5		(174)
第 6 章	数控铣床与铣削加工工艺	(178)
6.1	数控铣床简介	(178)
6.1.1	数控铣床的用途	(178)

6.1.2	数控铣床的分类	(178)
6.1.3	数控铣床的传动系统与主轴部件	(180)
6.2	数控铣床加工工艺分析	(183)
6.2.1	数控铣削的主要加工对象	(183)
6.2.2	数控铣床铣削加工内容的选择	(184)
6.2.3	数控铣床加工零件的结构工艺性分析	(185)
6.2.4	数控铣削零件毛坯的工艺性分析	(187)
6.3	数控铣床加工工艺路线的拟订	(188)
6.3.1	数控铣削加工方案的选择	(188)
6.3.2	加工顺序的安排	(192)
6.3.3	进给路线的确定	(192)
6.3.4	夹具的选择	(195)
6.3.5	刀具的选择	(197)
6.3.6	切削用量的选择	(206)
6.4	典型零件的数控铣削加工工艺分析	(208)
6.4.1	平面槽形凸轮零件加工工艺分析	(208)
6.4.2	箱盖类零件	(211)
习题 6		(214)
第 7 章	加工中心及其加工工艺	(218)
7.1	加工中心加工原理及设备	(218)
7.1.1	加工中心的主要特点及功能	(218)
7.1.2	加工中心的分类	(219)
7.1.3	加工中心的传动系统和主要结构	(223)
7.1.4	加工中心的工艺特点	(229)
7.2	加工中心加工工艺分析	(231)
7.2.1	加工中心的主要加工对象	(231)
7.2.2	加工中心加工内容的选择	(234)
7.2.3	加工中心加工零件的工艺分析	(234)
7.3	加工中心加工工艺路线的拟订	(237)
7.3.1	加工中心加工方案的选择	(237)
7.3.2	加工中心加工阶段的划分	(238)
7.3.3	加工中心加工顺序的安排	(239)
7.3.4	进给路线的确定	(239)
7.3.5	加工中心装夹方案的确定和夹具的选择	(242)
7.3.6	刀具的选择	(243)
7.3.7	切削用量的选择	(256)
7.4	典型零件的加工中心加工工艺分析	(258)
7.4.1	加工中心加工箱体类零件的加工工艺	(258)
7.4.2	加工中心加工支承套零件的加工工艺	(261)
习题 7		(265)

第 8 章 数控电火花线切割机床及线切割加工工艺	(269)
8.1 数控电火花线切割机床简介	(269)
8.1.1 数控电火花线切割加工原理、特点及应用	(269)
8.1.2 数控电火花线切割机床的分类	(271)
8.1.3 数控电火花线切割机床的基本组成	(272)
8.1.4 数控电火花线切割机床示例	(273)
8.2 数控电火花线切割加工工艺基础	(278)
8.2.1 线切割加工的主要工艺指标	(278)
8.2.2 影响线切割工艺指标的若干因素	(278)
8.3 数控线切割加工工艺的拟订	(281)
8.3.1 零件图的工艺性分析	(281)
8.3.2 工艺准备	(282)
8.3.3 电火花线切割加工工件的装夹和常用典型夹具及调整	(284)
8.3.4 切割路线的选择	(290)
8.3.5 确定穿丝孔的位置	(291)
8.3.6 接合突尖的去除方法	(291)
8.4 典型零件的数控线切割加工工艺分析	(293)
8.4.1 数字冲裁模凸凹模的加工	(293)
8.4.2 零件的加工	(293)
习题 8	(294)
第 9 章 数控机床加工工艺实例分析	(297)
9.1 大批量生产零件数控车削加工工艺	(297)
9.1.1 零件介绍	(297)
9.1.2 工艺分析	(298)
9.1.3 铜接头加工工艺文件	(298)
9.2 数控铣削加工工艺实例分析	(304)
9.2.1 零件介绍	(304)
9.2.2 工艺分析	(304)
9.2.3 加工工艺卡片	(305)
9.3 加工中心加工工艺实例分析	(307)
9.3.1 零件介绍	(307)
9.3.2 工艺分析	(308)
9.3.3 填写数控加工工序卡片	(310)
9.4 数控线切割机床加工工艺实例分析	(311)
9.4.1 零件介绍	(311)
9.4.2 工艺分析	(311)
习题 9	(312)
参考文献	(317)

第1章 绪 论

内容提要及学习要求

本章的宗旨在于建立数控机床及数控加工的整体性认识，要求了解数控与数控机床的相关概念、数控机床的工作原理、加工过程、加工内容及加工特点；熟悉数控机床的组成；掌握数控机床的分类及应用范围；了解数控机床的主要性能指标及数控机床的发展趋势。

1.1 数控加工的概述

1.1.1 数控与数控机床

数控技术是 20 世纪 40 年代后期发展起来的一种自动化加工技术，它综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控和机械制造等学科的内容，目前在机械制造业中已得到了广泛应用，其中最典型而应用面最广的是数控机床。

数控机床的产生，是机械制造业发展的必然，世界上第一台数控机床是为了满足航天工业制造复杂零件的需要而产生的。1948 年，美国 PARSONS 公司在研制加工直升飞机叶片轮廓检验样板的机床时，首先提出了应用电子计算机控制机床来加工复杂曲线样板的设想，并与麻省理工学院伺服机构研究所合作从事研制工作，1952 年第一台由手用电子计算机控制的三坐标立式数控铣床研制成功。之后，又经过改进和完善，于 1955 年进入实用阶段，美国空军花费巨额经费订购了大约 100 台数控铣床。这在当时不仅对美国飞机制造业的发展起了重要作用，而且标志着制造业和控制领域一个崭新时代的到来。

在加工机床中得到广泛应用的数控技术，是一种采用计算机对机械加工过程中各种控制信息进行数字化运算、处理，并通过高性能的驱动单元对机械执行构件进行自动化控制的高新技术。下面给出几个相关概念的定义。

(1) 数字控制 (Numerical Control)：是一种用数字化信号对控制对象（如机床的运动及其加工过程）进行自动控制的技术，简称为数控 (NC)。

(2) 数控技术：是指用数字、字母和符号对某一工作过程进行可编程自动控制的技术。

(3) 数控系统：是指实现数控技术相关功能的软硬件模块的有机集成系统，它是数控技术的载体。

(4) 计算机数控系统 (Computer Numerical Control)：是指以计算机为核心的数控系统，简称为 (CNC)。

(5) 数控机床 (NC Machine)：是指应用数控技术对加工过程进行控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床。

国际信息处理联盟 (International Federation of Information Processing, 简称 IFIP) 第五技

术委员会对数控机床作了如下定义：数控机床是一种装有程序控制系统的机床，该系统能逻辑地处理具有特定代码或其他符号编码指令规定的程序。

(6) 数控加工中心：是一种具有自动换刀装置的数控机床，它能实现一次装夹并进行多工序加工。这种机床在刀库中装有钻头、丝锥、铰刀、铣刀等刀具，通过程序指令自动选择刀具，并通过机械手将刀具装在主轴上，这样可大大缩短零件装卸时间和换刀时间，是数控机床发展过程中的一个非常重要的品种。

(7) 柔性制造单元 FMC(Flexible Manufacturing Cell)：一台数控机床或加工中心装上自动装卸工件的装置，即可构成柔性制造单元。FMC 的结构型式主要有托盘搬运式和机器人搬运式两大类。FMC 投资小，见效快，既可单独长时间用少量人看管运行，也可集成到 FMS 或更高级的集成制造系统中运行。

(8) 柔性制造系统 FMS(Flexible Manufacturing System)：柔性制造系统是 20 世纪 70 年代末发展起来的先进的机械加工系统。它是由中央计算机控制和管理的一组数控机床组成的自动化制造系统。它没有固定的加工顺序和节拍，在加工一定批量的某种工件后能在不停机的条件下，自动转换为加工另一种工件。尽管 FMS 的规模差异很大，但都必须包含 3 个基本部分：加工系统、物流系统和控制系统，其区别仅在于各个子系统的功能和规模。FMS 的机床大都在 10 台以下，以 4~6 台的系统为最多。

(9) 计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)：计算机集成制造系统 CIMS 可以认为是在柔性制造技术、计算机技术、信息技术、自动化技术和现代管理科学的基础上将制造工厂的全部生产、经营活动所需的各种分散的自动化子系统，通过新的生产管理模式、工艺理论和计算机网络有机地集成起来，以获得适应于多品种、中小批量生产的高效益、高柔性和高质量的智能制造系统。CIMS 包括制造工厂的生产、经营的全部活动，具有经营管理、工程设计和加工制造等主要功能。

1.1.2 数控加工工艺

所谓数控加工工艺，就是用数控机床加工零件的一种工艺方法。

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。

如果采用自动车床、仿型车床或仿型铣床加工，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凸轮、挡块或靠模来实现的。

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。

1.1.3 数控加工流程

数控加工流程如图 1.1 所示，主要包括以下几方面内容：

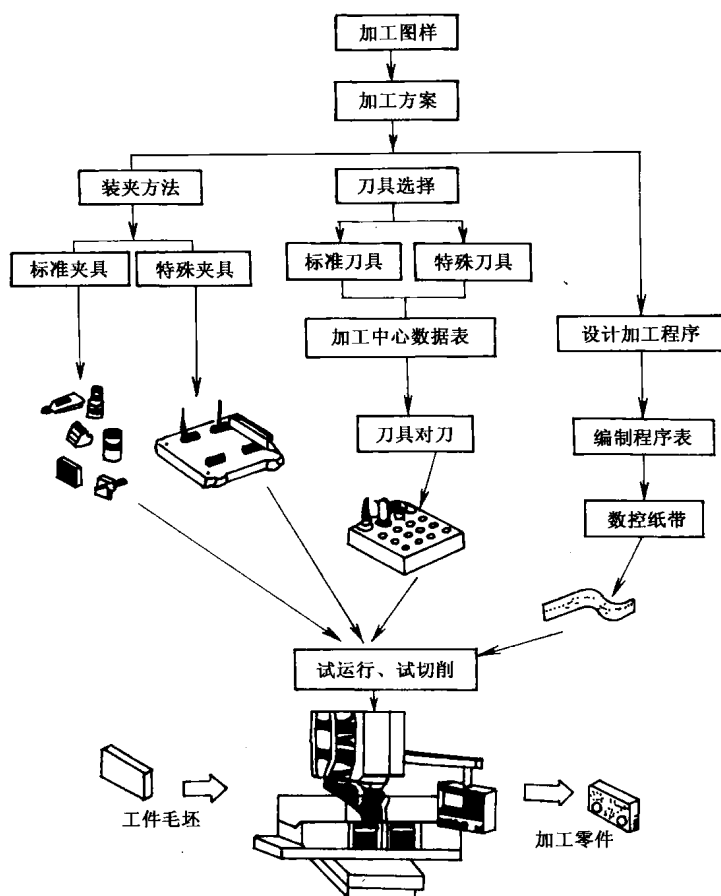


图 1.1 数控加工流程

(1) 分析图样，确定加工设备。对所要加工的零件进行技术要求分析，选择并确定进行数控加工的零件的内容及数控加工机床。

(2) 工艺分析和工艺设计。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，并进行数控加工的工艺设计。

(3) 工件的定位与装夹。根据零件的加工要求，选择合理的定位基准，并根据零件批量、精度及加工成本选择合适的夹具，完成工件的装夹与找正。

(4) 刀具的选择与安装。根据零件的加工工艺性与结构工艺性，选择合适的刀具材料与刀具种类，并完成刀具的安装与对刀，将对刀所得参数正确设定在数控系统中。

(5) 编制数控加工程序。根据零件的加工要求，对零件图形进行数学处理、计算，编写加工程序单，经过初步校验后将其输入机床数控系统。

(6) 试切削、试运行并校验数控加工程序。对所输入的程序进行试运行，并进行首件的试切削。试切削一方面用来对加工程序进行最后的校验，另一方面用来校验工件的加工

精度，以进一步修改加工程序，并对现场问题进行处理。

(7) 编制数控加工工艺技术文件，如数控加工工序卡、程序说明卡、走刀路线图等。

1.1.4 数控加工的特点

数控机床在机械制造业中得到日益广泛的应用，是因为它具有如下特点。

1. 对加工对象改型的适应性强

由于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，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。

2. 加工精度高

数控机床是按以数字形式给出的指令进行加工的，由于目前数控装置的脉冲当量（即每输出一个脉冲后数控机床移动部件相应的移动量）一般达到了 0.001mm ，而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿，因此，数控机床能达到比较高的加工精度。对于中、小型数控机床，定位精度普遍可达到 0.03mm ，重复定位精度为 0.01mm 。因为数控机床的传动系统与机床结构都具有很高的刚度和热稳定性，而且提高了它的制造精度，特别是数控机床的自动加工方式避免了生产者的人为操作误差，因此，同一批加工零件的尺寸一致性好，产品合格率高，加工质量十分稳定。

在采用点位控制系统的钻孔加工中，由于不需要使用钻模板与钻套，钻模板的坐标误差造成的影响也不复存在。又由于加工中排除切屑的条件得以改善，可以进行有效的冷却，被加工孔的精度及表面质量都有所提高。对于复杂零件的轮廓加工，在编制程序时已考虑到对进给速度的控制，可以做到在曲率变化时，刀具沿轮廓的切向进给速度基本不变，被加工表面就可获得较高的精度和表面质量。

3. 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，可以节省用于停机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，数控机床的利用系数比一般机床高得多。

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。

4. 自动化程度高，减轻操作者的劳动强度

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、关键工序的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。

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，并有效地简化了检验和工夹具、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

由于数控机床是使用数字信息，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。

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。此外，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 数控机床的组成及分类

1.2.1 数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品，主要由程序载体、输入/输出装置、计算机数控装置（CNC 装置）、伺服系统（位置反馈系统）和机床本体等五部分组成。数控机床组成框图如图 1.2 所示。

数控机床各组成部分的功能简介如下。

1.2.1.1 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，用一定的格式和代码，存储在一种载体上，被称为程序载体。如穿孔纸带、盒式磁带或软磁盘等，通过数控