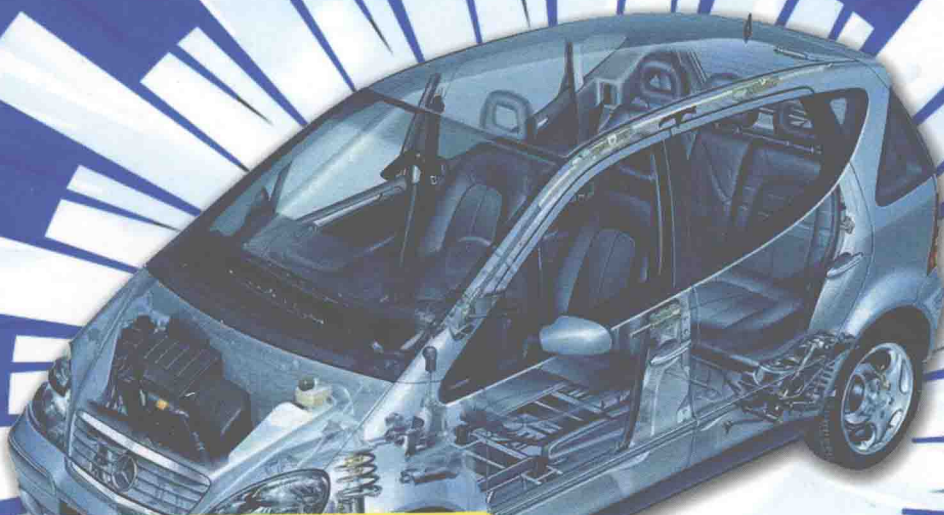


Pro/E ENGINEER Wildfire 工程设计 与 开发 系列



Pro/E ENGINEER 中文版 Wildfire 4.0 数控加工从入门到精通

三维书屋工作室

肖黎明 胡仁喜 刘昌丽 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Pro/ENGINEER Wildfire 工程设计 与 开发 系列

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版

数控加工从入门到精通

三维书屋工作室

肖黎明 胡仁喜 刘昌丽 等编著

机械工业出版社

本书将理论与实践相结合,由浅入深、循序渐进地介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版数控加工的使用方法和一般操作流程。内容包括数控加工技术基础、Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 数控加工基础、制造模型的创建、数控加工操作设置、NC 序列设置和刀具路径检测、数控铣削加工、数控车削加工、数控线切割加工以及后置处理等。

本书共分 10 章,内容翔实,实例丰富,层次清晰。每一章均首先介绍相应的基本概念、理论知识以及利用 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 软件进行数控加工的关键要点和基本操作过程等,然后安排适当的应用实例来引导读者动手练习。理论和实践相结合是本书最大的特点之一,具有很强的实用性。

本书可作为高等院校、高职高专以及各类成人教育院校机械设计与制造专业数控加工方向、材料成形及控制工程专业模具设计与制造方向进行数控加工的辅助教材,还可以作为企事业单位相关专业工程技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版数控加工从入门到精通/肖黎明等编著.
—北京:机械工业出版社,2008.1
(Pro/ENGINEER Wildfire 工程设计与开发系列)
ISBN 978-7-111-22928-5

I. P… II. 肖… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件,
Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 183743 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:曲彩云 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 26.25 印张 · 646 千字

0001—5000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22928-5

ISBN 978-7-89482-489-9 (光盘)

定价:52.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

Pro/ENGINEER 是美国 PTC (Parametric Technology Corporation) 公司推出的一款集 CAD/CAM/CAE 为一体的大型应用软件, 该软件在工业造型设计、机械设计、模具设计、数控加工、结构有限元分析等领域的应用日益广泛。作为 CAD/CAM/CAE 软件的领军人物, Pro/ENGINEER 软件一直注重新功能的添加以及原有功能的改进, 每一个新版本的 Pro/ENGINEER 总能给用户耳目一新的感觉。Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版是 PTC 最新推出的版本, 与前 3 个 Wildfire 版本相比, Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 蕴涵了丰富的最佳实践, 可以帮助用户更快、更轻松地完成工作。

本书将理论与实践相结合, 由浅入深、循序渐进地介绍了 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 中文版数控加工的使用方法和一般操作流程。内容包括数控加工技术基础、Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 数控加工基础、制造模型的创建、数控加工操作设置、NC 序列设置和刀具路径检测、数控铣削加工、数控车削加工、数控线切割加工以及后置处理等。

本书共分 10 章, 内容翔实, 实例丰富, 层次清晰。在每一章, 均首先介绍相应的基本概念、理论知识以及利用 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 软件进行数控加工的关键要点和基本操作过程等, 同时在每一章的最后还安排了适当的应用实例来引导读者动手练习。理论和实践相结合是本书最大的特点之一, 因此具有很强的使用性。

本书可作为高等院校、高职高专以及各类成人教育院校机械设计与制造专业数控加工方向、材料成形及控制工程专业模具设计与制造方向进行数控加工的辅助教材, 还可以作为企事业单位相关专业工程技术人员的培训教材。

为了让读者更好地掌握本书内容, 本书附赠多媒体光盘一张。其中包括两部分内容: 一是本书各章中所提到的实例文件; 另一部分是多媒体视频教学录像 (*.avi 格式)。在使用本书光盘之前, 建议读者先将所有文件复制到计算机的硬盘中, 以便使用。

本书从内容策划到实例讲解完全是由专业人士根据他们多年的工作经验以及心得来进行编写的。本书将理论与实践相结合, 具有很强的针对性。读者在学习本书之后, 可以很快地学以致用, 提高自己的数控加工操作能力, 使自己在纷繁的求职世界中立于不败之地。

本书由三维书屋工作室总策划, 主要由肖黎明、胡仁喜、刘昌丽编写, 赵永玲、熊慧、王文平、张日晶、康士廷、王敏、李瑞、李广荣、王艳池、周冰、李鹏、董伟、孟清华、王培合、郑长松、王义发、阳平华、王玉秋、张俊生、王燕、赵黎、陈丽芹、李世强、路纯红、周广芬、李瑞、王兵学等参加了部分章节的编写工作。本书在编写过程中参考了很多宝贵的文献资料, 在此向这些文献的作者表示衷心的感谢!

由于时间仓促、作者经验不足, 本书难免有不足甚至错误之处, 非常欢迎广大读者登录网站 www.bjsanweishuwu.com 或联系 win76050@126.com 批评指正, 以期共同提高。

编 者

目 录

前言

第 1 章 数控加工技术基础	6
1.1 数控加工技术发展概述	6
1.1.1 数控系统的发展	7
1.1.2 数控编程技术的发展	7
1.2 数控加工原理与特点	8
1.2.1 数控加工原理	8
1.2.2 数控加工特点	9
1.3 数控机床的组成与分类	10
1.3.1 数控机床的组成	10
1.3.2 数控机床的分类	11
1.4 数控加工坐标系的设定	15
1.4.1 机床坐标系	15
1.4.2 工件坐标系	16
1.5 数控加工工艺参数的设置	16
1.5.1 主轴转速 n 的确定	17
1.5.2 进给速度 V_f 的确定	17
1.5.3 背吃刀量 a_p 的确定	17
1.6 数控加工程序编制的内容与步骤	18
第 2 章 Pro/ENGINEER 数控加工基础	20
2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 概述	20
2.1.1 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的用户界面	21
2.1.2 Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 的主要功能模块	24
2.2 Pro/ENGINEER NC 加工基本概念	25
2.2.1 参照模型	25
2.2.2 工件	26
2.2.3 制造模型	26
2.2.4 加工坐标系	26
2.2.5 退刀曲面	27
2.2.6 NC 序列	27
2.2.7 刀具路径	27
2.2.8 后置处理	27
2.3 Pro/ENGINEER NC 加工界面简介	27
2.3.1 启动 NC 加工模块	27
2.3.2 菜单管理器	29
2.3.3 工具图标按钮	40

2.4 Pro/ENGINEER NC 加工操作流程	44
2.5 实例练习: Pro/ENGINEER 数控加工操作过程	45
第3章 制造模型的创建	60
3.1 参照模型的创建	60
3.1.1 以装配方式创建参照模型	60
3.1.2 以创建方式创建参照模型	63
3.2 工件的创建	66
3.2.1 以装配方式创建工件	66
3.2.2 以创建方式创建工件	68
3.3 实例练习: 制造模型的创建	71
第4章 加工操作设置	75
4.1 【操作设置】对话框	75
4.1.1 基本设置选项	75
4.1.2 【一般】选项卡	76
4.1.3 【From/Home】选项卡	77
4.1.4 【输出】选项卡	77
4.2 工作机床设置	79
4.2.1 基本选项设置	80
4.2.2 选项卡设置	81
4.3 刀具设置	84
4.3.1 打开【刀具设定】对话框	84
4.3.2 刀具设置方法	86
4.4 夹具设置	90
4.5 加工坐标系设置	91
4.6 退刀面设置	92
4.7 实例练习: 加工操作设置	93
第5章 NC 序列设置与刀具路径检测	100
5.1 NC 序列设置	100
5.1.1 【NC 序列】菜单	100
5.1.2 NC 序列设置	102
5.2 查看 NC 序列信息	109
5.3 刀具路径演示与检测	109
5.3.1 刀具路径计算	111
5.3.2 屏幕演示	111
5.3.3 NC 检测	112
5.3.4 过切检测	115
5.4 实例练习: NC 序列设置与刀具路径检测	116
第6章 数控铣削加工	125
6.1 数控铣削加工基础	125

14	6.1.1 铣削加工对象	126
24	6.1.2 铣削加工方式	126
08	6.1.3 铣削刀具的种类	126
08	6.1.4 铣削刀具的选择	128
06	6.2 体积块铣削加工	129
80	6.2.1 体积块铣削加工简介	129
80	6.2.2 体积块铣削加工参数说明	129
80	6.2.3 实例练习：体积块铣削加工	131
80	6.3 局部铣削加工	139
45	6.3.1 局部铣削加工简介	139
25	6.3.2 局部铣削加工区域设置	139
25	6.3.3 局部铣削加工参数说明	139
25	6.3.4 实例练习：局部铣削加工	141
85	6.4 曲面铣削加工	153
75	6.4.1 曲面铣削加工简介	153
75	6.4.2 曲面铣削加工区域设置	154
95	6.4.3 曲面铣削加工方式设置	154
08	6.4.4 曲面铣削加工参数说明	155
18	6.4.5 实例练习：曲面铣削加工	156
48	6.5 表面铣削加工	163
48	6.5.1 表面铣削加工简介	163
88	6.5.2 表面铣削加工区域设置	164
08	6.5.3 表面铣削加工参数说明	164
18	6.5.4 实例练习：表面铣削加工	165
50	6.6 轮廓铣削加工	173
80	6.6.1 轮廓铣削加工简介	173
001	6.6.2 轮廓铣削加工区域设置	173
001	6.6.3 轮廓铣削加工参数说明	173
001	6.6.4 实例练习：轮廓铣削加工	174
50	6.7 腔槽铣削加工	181
801	6.7.1 腔槽铣削加工简介	181
801	6.7.2 腔槽铣削加工区域设置	182
111	6.7.3 腔槽铣削加工参数说明	182
111	6.7.4 实例练习：腔槽铣削加工	182
510	6.8 轨迹铣削加工	189
211	6.8.1 轨迹铣削加工简介	189
211	6.8.2 轨迹铣削加工区域设置	189
251	6.8.3 轨迹铣削加工参数说明	190
251	6.8.4 实例练习：轨迹铣削加工	190

6.9	孔加工	200
6.9.1	孔加工简介	200
6.9.2	孔加工区域设置	201
6.9.3	孔加工参数说明	201
6.9.4	实例练习：孔加工	205
6.10	螺纹铣削加工	212
6.10.1	螺纹铣削加工简介	212
6.10.2	螺纹铣削加工区域设置	212
6.10.3	螺纹铣削加工参数说明	215
6.10.4	实例练习：螺纹铣削加工	216
6.11	刻模铣削加工	224
6.11.1	刻模铣削加工简介	224
6.11.2	刻模铣削加工区域设置	224
6.11.3	刻模铣削加工参数说明	225
6.11.4	实例练习：刻模铣削加工	225
6.12	陷入铣削加工	232
6.12.1	陷入铣削加工简介	232
6.12.2	陷入铣削加工区域设置	232
6.12.3	陷入铣削加工参数说明	233
6.12.4	实例练习：陷入铣削加工	233
第7章	数控车削加工	242
7.1	数控车削加工基础	242
7.1.1	数控车削加工的主要对象	242
7.1.2	数控车床坐标系的确定	243
7.1.3	数控车削加工刀具的种类与选择原则	243
7.1.4	数控车削加工方式	243
7.2	区域车削加工	244
7.2.1	区域车削加工简介	244
7.2.2	车削轮廓设置	244
7.2.3	区域车削加工参数说明	245
7.2.4	实例练习：区域车削加工	246
7.3	轮廓车削加工	255
7.3.1	轮廓车削加工简介	255
7.3.2	车削轮廓设置	256
7.3.3	轮廓车削加工参数说明	256
7.3.4	实例练习：轮廓车削加工	256
7.4	凹槽车削加工	265
7.4.1	凹槽车削加工简介	265
7.4.2	凹槽车削轮廓设置	265

005	7.4.3 凹槽车削加工参数说明	265
005	7.4.4 实例练习：凹槽车削加工	266
105	7.5 螺纹车削加工	274
105	7.5.1 螺纹车削加工简介	274
205	7.5.2 螺纹车削轮廓设置	274
515	7.5.3 螺纹车削加工参数说明	274
515	7.5.4 实例练习：螺纹车削加工	275
515	7.6 孔车削加工	283
215	7.6.1 孔车削加工简介	283
815	7.6.2 车削孔的定义	283
455	7.6.3 孔车削加工参数说明	283
455	7.6.4 实例练习：孔车削加工	283
	第8章 数控线切割加工	292
255	8.1 线切割加工基础知识	292
255	8.1.1 线切割加工原理	292
555	8.1.2 线切割加工特点与应用范围	293
555	8.1.3 线切割机床的分类	294
555	8.1.4 线切割加工工艺内容	295
555	8.2 两轴线切割加工	296
555	8.2.1 两轴线切割加工简介	296
515	8.2.2 两轴线切割加工参数说明	296
545	8.2.3 两轴线切割加工路径的定制	297
545	8.2.4 实例练习：两轴线切割加工	298
545	8.3 四轴线切割加工	309
545	8.3.1 四轴线切割加工简介	309
545	8.3.2 四轴线切割加工参数说明	309
445	8.3.3 四轴线切割加工路径的定制	310
445	8.3.4 实例练习：四轴线切割加工	310
	第9章 后置处理	320
245	9.1 后置处理简介	320
445	9.2 配置文件的制作	322
225	9.2.1 配置文件的命名规则	322
225	9.2.2 进入后置处理模式	322
525	9.2.3 新建配置文件的初始化	327
525	9.2.4 新建配置文件的参数设置	329
525	9.3 实例练习：后置处理	355
	第10章 数控加工综合实例	363
265	10.1 数控铣削加工综合实例	363
265	10.1.1 零件工艺分析	364

10.1.2 数控加工工艺的安排	364
10.1.3 数控加工程序编制	364
10.2 数控车削加工综合实例	387
10.2.1 零件工艺分析	388
10.2.2 数控加工工艺安排	388
10.2.3 数控加工程序编制	388
10.3 数控线切割加工综合实例	403
10.3.1 零件工艺分析	404
10.3.2 数控加工工艺安排	404
10.3.3 数控加工程序编制	404



第1章 数控加工技术基础

内容提要



数控加工技术是20世纪40年代后期为适应复杂外形零件的精密加工而发展起来的一种自动化加工技术。它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,然后输入到机床的数控系统中,以控制刀具与工件的相对运动,从而加工出合格的零件。本章主要介绍了数控加工技术的发展状况、数控加工原理与特点、数控机床类型以及数控加工程序的编制内容与步骤,为后续章节的学习打下基础。



知识重点

- ❑ 数控加工原理
- ❑ 数控加工特点
- ❑ 数控机床的分类
- ❑ 数控机床坐标系的设定
- ❑ 数控加工工艺参数的设定
- ❑ 数控程序编制内容与步骤

1.1 数控加工技术发展概述

近年来,在微电子技术、计算机技术、信息工程和材料工程等高新技术的推动下,传统的制造技术得到了飞速的发展,成为一门新兴的制造技术——数字化制造技术。对比传统制造技术,其重要的特征就是数控加工技术得到了广泛的应用,这一发展的原动力来自于制造业对产品制造效率的强烈追求。

1.1.1 数控系统的发展

数控系统是数字控制系统(Numerical Control System)的简称,它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序,并将其译码,从而驱使机床运动加工出用户所需的零件。数控系统的发展到现在已经经历了两个阶段。

第一阶段为普通数控(NC)阶段,即逻辑数字控制阶段。数控系统主要是由电路的硬件和连线组成,故又称为硬件数控系统。其特点是具有很多硬件电路和连接结点,电路复杂,可靠性不好。这个阶段数控系统的发展经历了三个时代,即电子管时代(1952年)、晶体管



时代(1959年)和大规模集成电路时代(1965年)。

第二阶段为计算机数字控制(CNC)阶段。数控系统主要是由计算机硬件和软件组成,其突出特点是利用存储在存储器里的软件控制系统工作,故又称为软件控制系统。这种系统容易扩大功能,柔性好,可靠性高。第二阶段数控系统的发展也经历了三个时代。20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC,又称群控系统),及采用小型计算机控制的计算机数控系统,使数控系统进入了以小型计算机化为特征的第四代。从1974年微处理器开始用于数控系统,数控系统发展到第五代,即微型机数控(MNC)系统。经过几年的发展,数控系统从性能到可靠性均得到了很大的提高,自70年代末到80年代,数控技术在全世界得到了大规模的发展和应用。从20世纪90年代开始,PC的发展日新月异,基于个人计算机(PC)平台的数控系统(称为PC数控系统)应运而生,数控系统的发展进入第六代。现在市场上流行和企业普遍使用的仍然是第五代数控系统,其典型代表是日本的FANUC-0系列和德国的SINUMERIK810系列数控系统。

1.1.2 数控编程技术的发展

自1952年美国帕森斯(Parsons)公司与麻省理工学院(MIT)合作研究出世界上第一台数控机床以来,数控机床按照数控系统的发展已经经历了五代。与此同时,数控编程技术也有了很大的发展,由手工编程到自动编程,进一步又从语言编程发展到交互式图像编程,当前正向集成化、智能化的纵深方向发展。数控编程技术的发展对提高数控加工的生产率,发挥数控机床的潜力及改善产品加工质量都具有十分重要的作用。因此对数控编程技术的研究和应用受到世界各国的高度关注与重视。

手工编程

手工编程是指由人工编制零件数控加工程序的各个步骤,即从零件图样分析、工艺分析、确定加工路线和工艺参数、计算数控系统所需输入的数据、编写零件的数控加工程序单到程序的检验均由人工来完成。

对于点位加工或几何形状不太复杂的零件加工,数控编程计算较简单,程序段较少,使用手工编程即可实现。而对轮廓形状不是由简单直线、圆弧组成的复杂零件,特别是具有复杂空间曲面的零件,以及几何形状虽不复杂,但程序量很大的零件,由于数值计算相当繁琐,工作量大,容易出错,且难以校对,使用手工编程就比较困难。因此,为了缩短生产周期,提高数控机床的利用率,有效地解决复杂零件的加工问题,仅仅使用手工编程已不能满足生产要求,此时可以采用自动编程的方法。

自动编程

自动编程是指利用计算机来帮助人们解决复杂零件的数控加工编程问题,即数控编程的大部分工作由计算机来完成。自动编程代替设计人员完成了枯燥、繁琐的数值计算工作,并省去了编写程序单的工作量,因此可将编程效率提高几十倍,同时也解决了手工编程无法解决的复杂形状零件的加工编程问题。

根据编程方式的不同,自动编程又可分为APT(Automatically Programmed Tool)编程与交互式图像编程两种方式。

APT编程:自第一台数控机床问世不久,美国麻省理工学院(MIT)即开始研究自动编程的语言系统,即APT语言。把用该语言书写的零件加工程序输入到计算机,经计算机APT编



译系统编译,产生数控加工程序。经过不断的发展,APT 编程能够承担复杂自由曲面加工的编程工作。然而,由于 APT 语言是开发得比较早的计算机数控编程语言,而当时计算机的图像处理能力不强,因而必须在 APT 源程序中用语言的形式去描述本来十分直观的几何图形信息及加工过程,再由计算机处理生成加工程序。这样致使其直观性差,编程过程比较复杂而不易掌握。目前已被交互式图像编程所取代。

交互式图像编程:交互式图像编程是一种计算机辅助编程技术。它的主要特点是以图形要素为输入方式,而不需要使用数控语言。从编程数据的来源,零件及刀具几何形状的输入、显示和修改,刀具相对于工件的运动方式的定义,走刀轨迹的生成,加工过程的动态仿真显示,刀位检测到数控加工程序的产生等,都是在图形交互方式下利用屏幕菜单和命令驱动进行的。因此,交互式图像编程具有形象、直观和效率高等优点。

20 世纪 70 年代出现的交互式图像编程技术,推动了 CAD 和 CAM 向一体化方向发展;到了 20 世纪 80 年代,在 CAD/CAM 一体化概念的基础上,逐步形成了计算机集成制造系统(CIMS)的概念。目前,国内外对 CIMS 的近期目标看法不一,但一致认为 CAD/CAM 技术是 CIMS 的基础研究内容,而 CAM 的一个重要组成部分则是数控编程技术。为了适应 CIMS 及 CAD/CAM 一体化技术的发展需要,数控编程技术出现了向集成化和智能化发展的趋势。

目前,在我国应用较为广泛的集成化图像数控编程软件主要有 Pro/ENGINEER、UG、CATIA、EUCLID、Master CAM 等,这些软件的数控编程功能都比较强,且各有特色。

1.2 数控加工原理与特点

1.2.1 数控加工原理

在数控机床上加工零件时,首先要将被加工零件的几何信息和工艺信息数字化。先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数,再按数控机床规定采用的代码和程序格式,将与加工零件有关的信息如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、切削进给量、背吃刀量)以及辅助操作(换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关)等编制成数控加工程序,然后将程序输入到数控装置中,经数控装置分析处理后,发出指令控制机床进行自动加工,其过程如图 1-1 所示。

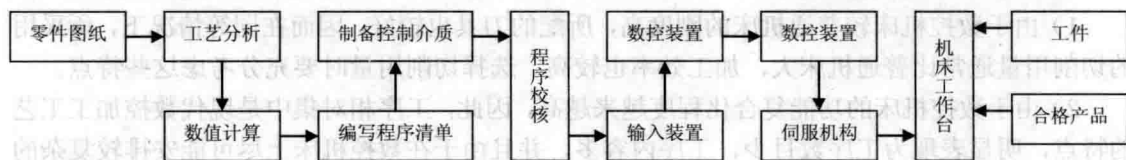


图 1-1 数控加工原理图

1.2.2 数控加工特点

数控加工与普通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。在普通机床上加工零件时,是用工艺规程、工艺卡片来规定每道工序的操作程序,操作人员按规定的步骤加工零件。而在数控机床上加工零件时,要把被加工的全部工艺过程、工

艺参数和位移数据编制成程序，并以数字信息的形式记录在控制介质（穿孔纸带、磁盘等）上，用它来控制机床加工。因此，与普通机床加工相比，数控加工具有以下特点：

数控加工工艺内容要求具体而详细

在使用普通机床加工时，许多具体的工艺问题，如工艺中各工步的划分与安排、刀具的几何形状及尺寸、走刀路线、加工余量、切削用量等，在很大程度上都是由操作人员根据自己的实践经验和习惯自行考虑和决定的，一般不需要工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定，零件的尺寸精度也可由试切削来保证。而在数控加工时，原本在普通机床上由操作人员灵活掌握并可通过适时调整来处理的上述工艺问题，不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容，而且编程人员必须事先设计和安排好并做出正确的选择，编入加工程序中。数控工艺不仅包括详细描述切削加工步骤，而且还包括夹具型号、规格、切削用量和其他特殊要求的内容。在自动编程中更需要详细地确定各种工艺参数。

数控加工工艺要求更严密而精确

数控机床虽然自动化程度高，但自适应性差。它不像普通机床加工那样，可以根据加工过程中出现的问题比较灵活自由地进行人为调整。如在攻螺纹时，数控机床不知道孔中是否已挤满切屑，是否需要退刀清理切屑再继续前进，这种情况必须事先由工艺员精心考虑，否则可能导致严重的后果。在普通机床上加工零件时，通常是经过多次“试切削”过程来满足零件的精度要求，而数控加工过程是严格按程序规定的尺寸进给的，因此在对图形进行数学处理、计算和编程时一定要准确无误，以使数控加工顺利进行。

制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和编程尺寸设定值的计算

编程尺寸并不是零件图上设计尺寸的简单再现，在对零件图进行数学处理和计算时，编程尺寸设定值要根据零件尺寸公差要求和零件的形状几何关系重新调整计算，才能确定合理的编程尺寸。

选择切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响

数控加工时，刀具怎么从起点沿运动轨迹走向终点是由数控系统的插补装置或插补软件来控制的。根据插补原理可知，在数控系统已定的条件下，进给速度越快，则插补精度越低；插补精度越低，工件的轮廓形状精度越差。因此，选择数控加工切削用量时要考虑进给速度对加工零件形状精度的影响，特别是高精度加工时影响非常明显。

数控加工工艺的特殊要求

- 1) 由于数控机床较普通机床的刚度高，所配的刀具也较好，因而在同等情况下，所采用的切削用量通常比普通机床大，加工效率也较高。选择切削用量时要充分考虑这些特点。
- 2) 由于数控机床的功能复合化程度越来越高，因此，工序相对集中是现代数控加工工艺的特点，明显表现为工序数目少，工序内容多，并且由于在数控机床上尽可能安排较复杂的工序，所以数控加工的工序内容要比普通机床加工的工序内容复杂。
- 3) 由于数控加工的零件比较复杂，因此在确定装夹方式和设计夹具时，要特别注意刀具与夹具、工件的干涉问题。

程序的编写、校验与修改是数控加工工艺的一项特殊内容

普通机床加工工艺中划分工序、选择设备等重要内容对数控加工工艺来说属于已基本确定的内容，所以制定数控加工工艺的着重点在于整个数控加工过程的分析，关键在确定进给路线及生成刀具运动轨迹。



1.3 数控机床的组成与分类

1.3.1 数控机床的组成

数控机床一般由机床本体、输入装置、数控装置、伺服单元、驱动装置（或称执行机构）、测量装置及辅助装置组成。

1. 机床本体

数控机床的机床本体与普通机床相似，由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大的变化。这种变化的目的是为了满足不同数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号并传送至数控装置的存储器。根据程序控制介质的不同，输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。最早使用光电阅读机对穿孔纸带进行阅读，之后大量使用磁带机和软盘驱动器。有些数控机床不用任何程序存储载体，而是将程序清单的内容通过数控装置上的键盘，用手工的方式输入。也可采用通信方式将数控程序由编程计算机直接传送至数控装置。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的中枢。主要包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。它能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及各种控制功能。

数控装置接受输入装置送来的脉冲信号，经过编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令来控制机床的各个部分，并按程序要求实现规定的、有序的动作。这些控制信号包括：各坐标轴的进给位移量、进给方向和速度的指令信号；主运动部件的变速、换向和启停指令信号；选择和交换刀具的刀具指令信号；控制冷却、润滑的启停，工件和机床部件松开、夹紧，分度工作台转位等辅助信号等。

4. 伺服单元

伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节。它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同，伺服单元有脉冲式和模拟式之分，而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

5. 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号变为机械运动，通过简单的机械连接部件驱动机床，使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动，最后加工出图样所要求的零件。驱动装置和伺服单元可合称为伺服驱动系统。它是机床工作的动力装置，数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。所以，伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说，数控机床功能的强弱主要取决于数控装置，而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

6. 测量装置

测量装置也称反馈元件，通常安装在机床的工作台或丝杠上，相当于普通机床的刻度盘



和人的眼睛。它把机床工作台的实际位移转变成电信号反馈给数控装置，供数控装置与指令值比较产生误差信号，以控制机床向消除该误差的方向移动。

按有无检测装置，数控系统有开环与闭环之分。闭环数控系统按测量装置的安装位置又可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统的控制精度取决于步进电机和丝杠的精度，闭环数控系统的控制精度取决于检测装置的精度。因此，测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。

7. 辅助装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号，经过编译、逻辑判别和运算，再经功率放大后驱动相应的电器，带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令，刀具的选择和交换指令，冷却、润滑装置的启停，工件和机床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关辅助动作。目前已广泛采用可编程控制器（PLC）作为数控机床的辅助控制装置。

1.3.2 数控机床的分类

数控机床可以根据不同的方法进行分类，常用的分类方法有按伺服系统控制方式分类、按运动轨迹分类、按联动轴数分类和按控制系统的功能水平分类。

按伺服系统控制方式分类

按伺服系统控制方式的不同，数控机床可分为开环控制机床、半闭环控制机床、闭环控制机床。

1. 开环控制机床

图 1-2 所示为开环控制机床的示意图。这类数控机床采用开环进给伺服系统。其数控装置发出的指令信号是单向的，没有检测反馈装置对运动部件的实际位移量进行检测，不能进行运动误差的校正。因此步进电机的步距角误差、齿轮和丝杠组成的传动链误差都将直接影响加工零件的精度。

开环控制机床通常为经济型、中小型机床，具有结构简单、价格低廉、调试方便等优点，但通常输出的扭矩值大小受到限制，而且当输入的频率较高时，容易产生失步，难以实现运动部件的控制。因此，这类机床已不能充分满足日益提高功率、运动速度和加工精度的控制要求。

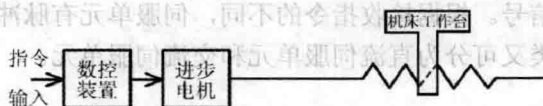


图 1-2 开环控制机床示意图

2. 闭环控制机床

图 1-3 所示为闭环控制机床的示意图。这类机床的位置检测装置安装在进给系统末端的执行部件上，该位置检测装置可实测进给系统的位移量或位置。数控装置将位移指令与工作台端测得的实际位置反馈信号进行比较，根据其差值不断控制运动，使运动部件严格按照实际需要的位移量进行运动；还可利用测速元器件随时测得驱动电机的转速，将速度反馈信号与速度指令信号相比较，对驱动电机的转速随时进行修正。这类机床的运动精度主要取决于检测装置的精度，与机械传动链的误差无关。因此可以消除由于传动部件制造过程中存在的



精度误差给工件加工带来的影响。

相比于开环数控机床,闭环数控机床精度更高,速度更快,驱动功率更大。但是,这类机床价格昂贵,对机床结构及传动链依然提出了严格的要求。传动链的刚度、间隙,导轨的低速运动特性,机床结构的抗振性等因素都会增加系统调试困难。闭环系统设计和调整地不好,很容易造成系统的不稳定。所以,闭环控制数控机床主要用于一些精度要求很高的镗铣床、超精车床、超精磨床等。

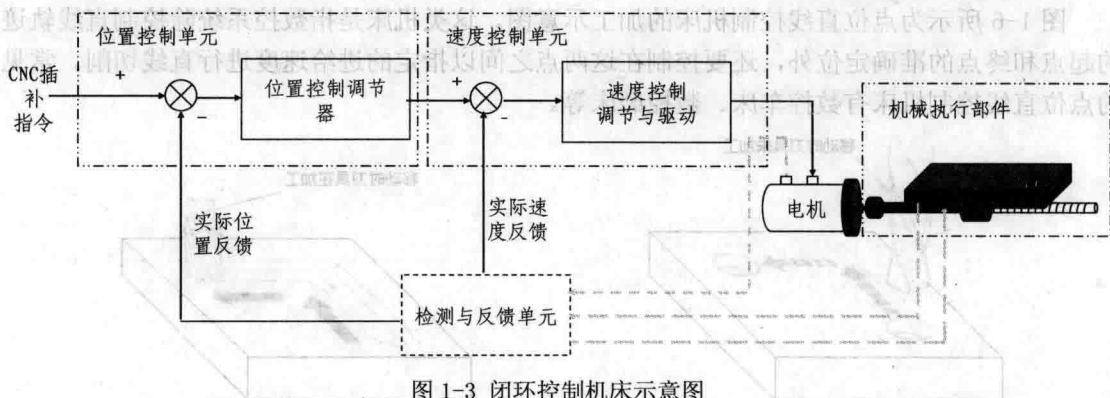


图 1-3 闭环控制机床示意图

3. 半闭环控制机床

图 1-4 所示为半闭环控制机床示意图。这类机床的检测元件装在驱动电机或传动丝杠的端部,可间接测量执行部件的实际位置或位移。由于这类机床的闭环环路内不包括机械传动环节,控制系统的调试十分方便,因此可以获得稳定的控制特性。同时由于采用了高分辨率的测量元件,如脉冲编码器,因此可以获得比较满意的加工精度与速度。

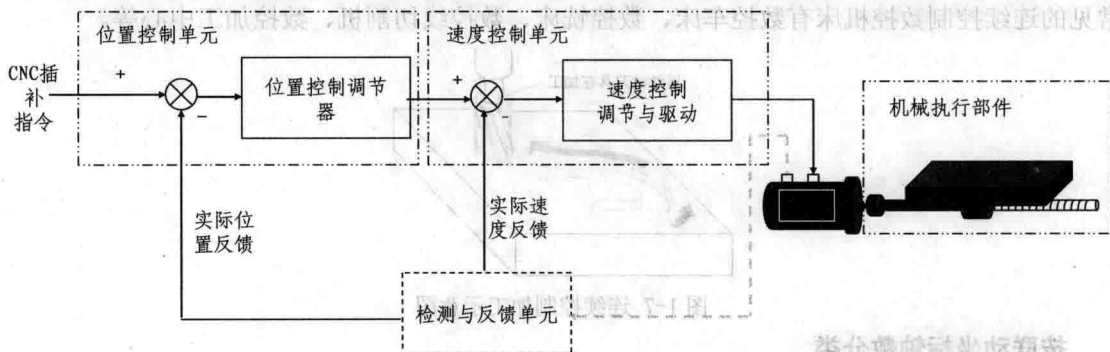


图 1-4 半闭环控制机床示意图

与开环数控机床相比,半闭环数控机床可以获得更高的精度,但由于机械传动链的误差无法得到消除或校正,因此它的加工精度比闭环数控机床的要低。

按运动轨迹分类

按照刀具与工件相对运动的不同,可将数控机床分为点位控制数控机床、点位直线控制数控机床、轮廓控制数控机床。

1. 点位控制数控机床

图 1-5 所示为点位控制数控机床的加工示意图。这类机床的数控装置只能控制机床移动