



CAD/CAM/CAE 教学基地

21 个案例学会 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工核心技术：三轴铣削、多轴铣削、车削、线切割……

21 个视频教程长达 4 小时的教学操作演示文件，一线高工亲自录制，像看电影一样轻松学技术



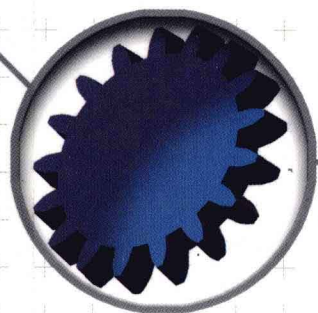
Pro/ ENGINEER

Wildfire 5.0

多轴数控加工实例详解

高长银 胡俊平 编著

飞思数字创意出版中心 监制

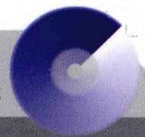


电子工业出版社

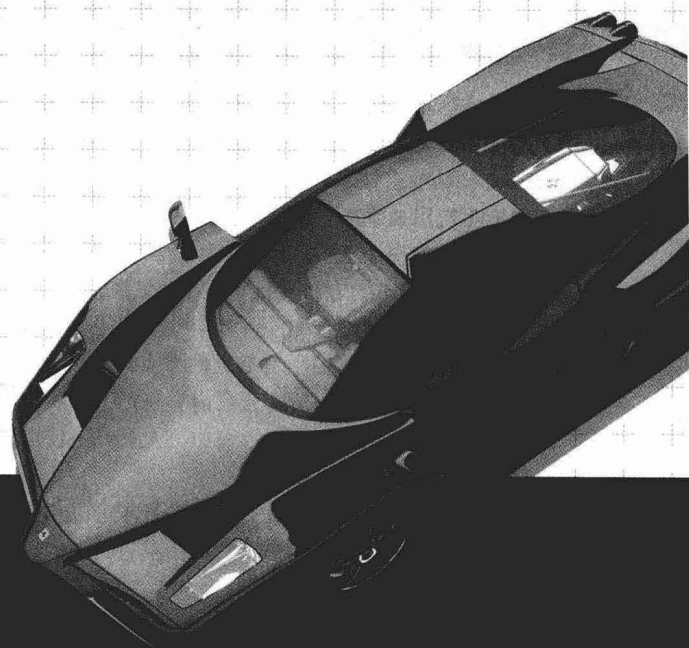
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

CD-ROM

包含所有素材源文件和视频操作演示文件



CAD/CAM/CAE 教学基地



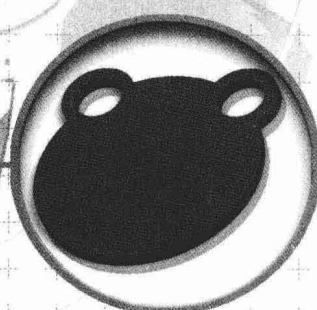
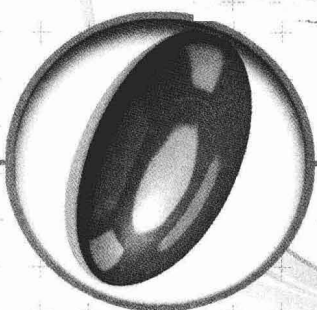
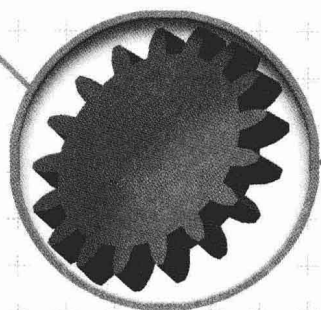
Pro/ ENGINEER

Wildfire 5.0

多轴数控加工实例详解

高长银 胡俊平 编著

飞思数字创意出版中心 监制



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内容简介

本书以实际项目为背景,围绕铣削、车削和线切割加工,通过核心技术和大量实例结合的形式,深入浅出地介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工的流程、方法和技巧。本书共包括 11 章,首先简要地介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴加工技术,包括多轴数控加工专业知识、Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工基础、多轴铣削、车削和线切割加工常用技术,带领读者登堂入室;然后由浅至深地安排大量的 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴加工实例,几乎涉及所有的多轴加工技术。希望读者学习后能举一反三,设计水平将会迅速提高,并能掌握 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 各类多轴数控加工的方法、技术与技巧。

本书内容翔实,结构合理,讲解细致,应用性和实战性强;实例安排典型丰富,21 个案例全部来自于一线实践,具有从入门—提高—经典的学习渐进性特点。学习门槛低,即使读者此前毫无基础,也可以迅速上手和提高,实现入门到精通的技术跨越。本书所配光盘内容包括书中所有素材源文件和视频操作演示文件,方便读者参考使用。

本书适合公司、企业中工厂数控加工人员参考使用,同时也可作为大、中专院校机械类相关专业学生的理想教材。

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

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工实例详解/高长银,胡俊平编著.

北京:电子工业出版社,2010.9

(CAD/CAM/CAE 教学基地)

ISBN 978-7-121-11514-1

I. ①P… II. ①高… ②胡… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 150846 号

责任编辑:何郑燕

文字编辑:田 蕾

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

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:850×1168 1/16 印张:31 字数:892.8 千字 彩插:1

印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:69.80 元(含光盘 1 张)

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 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

多轴加工既是数控加工中的应用热点，也是一个技术难点，精通多轴加工是许多数控技工孜孜追求的目标。Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 是 PTC 公司 Pro/ENGINEER 产品的最新版本，加工功能强大，应用广泛，用户使用它可以更快、更轻松地完成工作，大幅度提高工作效率。

本书内容安排

本书突出应用性和实践性，重点以实际项目为背景，结合大量工程实例，通过核心技术和大量实例结合的形式，深入浅出地介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工的流程、方法和技巧，以及在产品加工中的应用。本书共包括 11 章，具体内容安排如下。

- 第 1 章简要介绍数控多轴加工专业知识，包括铣削、车削、线切割加工的基本原理及数控加工工艺参数的设置等。通过本章的学习，读者可以对数控多轴加工技术有一个初步认识。
- 第 2 至第 4 章重点介绍 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工的三轴铣削、多轴铣削、车削、线切割等加工技术。这些也是 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工的常用技术，通过这部分的学习，读者将打下良好的加工基础，为后面的实例学习做好技术铺垫。
- 第 5 至第 11 章为数控加工实例，细分为三轴铣削、四/五轴铣削、单刀架车削、二塔台车削、车铣复合加工、2 轴线切割及 4 轴线切割加工领域，几乎涉及所有的多轴加工技术。同时，每类加工技术都结合入门、提高和经典实例，按照实例描述、加工方法分析、加工流程与所用知识点、操作步骤、实例小结的形式来讲解。

本书内容翔实，讲解细致，应用性和代表性强，读者学习后举一反三，设计水平将迅速提高，并能掌握 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 各类多轴数控加工的方法、技术与技巧。

本书主要特点

归纳起来，本书主要特点有：

- (1) 本书是国内一线高级工程师的力作，凝聚了作者多年的设计经验与心得体会。
- (2) 本书以实例为主，技术为辅。涵盖了三轴铣削、四/五轴铣削、车削、车铣、二轴线切割、四轴线切割等多轴加工技术，专业性和应用性强。
- (3) 本书由易到难，讲解细致。每个实例都进行实例描述、加工方法分析、加工流程与所用知识点、具体操作步骤的详解，并穿插介绍加工技巧和注意事项，方便读者理解和巩固技术要点。

本书读者对象

本书面向 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 的初、中级用户，特别适合公司、企业中工厂数控加工人员参考使用。同时本书具有很强的实用性，可作为高等、高职及高专院校机械类相关专业学生的教材。

本书作者队伍

本书主要由高长银、胡俊平编写，另外，参加编写的人员还有黎胜容、黎双玉、邱大伟、曹成、陈平、喻德、傅靖、李冬、钟波、段左英、苗素丽、刘永美、郭能进，在此一并表示感谢！

由于时间及精力有限，书中难免有一些错误和不足之处，欢迎广大读者及业内人士批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 部分 多轴数控加工技术	1
第 1 章 多轴数控加工专业知识	3
1.1 数控加工基本原理	4
1.2 数控铣削加工基本知识	5
1.2.1 三轴数控加工原理	6
1.2.2 五轴数控加工原理	7
1.2.3 控制轴和加工坐标系	9
1.2.4 数控铣削加工工艺制定	10
1.2.5 铣削加工刀具与材料	11
1.2.6 切削用量的确定	13
1.3 车削数控加工基本知识	14
1.3.1 车削数控加工原理	14
1.3.2 数控车削加工的用途和加工对象	15
1.3.3 数控车削加工工艺制定	17
1.3.4 数控车削用量的选择	19
1.4 数控线切割加工基本理论	19
1.4.1 线切割机床的加工原理	19
1.4.2 线切割加工特点与应用范围	20
1.4.3 四轴数控线切割加工原理	21
1.4.4 线切割加工工艺内容	21
1.5 本章小结	22
第 2 章 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 入门	23
2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工概述	24
2.2 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工操作界面	24
2.2.1 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 操作界面	24
2.2.2 进入 Pro/NC 加工制造模块	27
2.2.3 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工界面	27
2.3 Pro/ENGINEER 数控加工的一般流程	29
2.4 本章小结	31
第 3 章 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工基础	33
3.1 建立制造模型	34
3.1.1 参照模型	34
3.1.2 创建工件	36
3.2 加工操作设置	38
3.2.1 操作设置	39
3.2.2 设置加工机床	41
3.2.3 设置加工刀具	46

3.2.4	设置夹具	48
3.2.5	选择加工坐标系	49
3.2.6	退刀设置	50
3.3	创建 NC 序列设置	51
3.3.1	创建 NC 序列	51
3.3.2	NC 序列设置	52
3.3.3	查看 NC 序列信息	53
3.4	刀具路径演示与检查	54
3.4.1	计算 CL	54
3.4.2	屏幕演示	54
3.4.3	NC 检查	56
3.4.4	过切检查	57
3.5	后置处理	57
3.5.1	创建 CL 数据文件	58
3.5.2	后置处理	59
3.6	本章小结	60
第 4 章	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工常用技术	61
4.1	铣削数控加工	62
4.1.1	铣削加工基础	62
4.1.2	铣削加工范围	62
4.1.3	铣削加工参数	66
4.1.4	三轴铣削加工方法	71
4.1.5	多轴联动铣削加工	83
4.2	车削数控加工	84
4.2.1	车削加工基础	84
4.2.2	车削加工范围	85
4.2.3	车削加工参数	88
4.2.4	车削加工方法	95
4.2.5	二塔台车削加工方法	100
4.3	线切割数控加工	100
4.3.1	线切割加工基础	100
4.3.2	线切割加工参数	101
4.3.3	线切割加工方法	102
4.4	本章小结	105
第 2 部分	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工实例	107
第 5 章	Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 三轴铣削加工案例	109
5.1	入门实例——齿轮铣削加工	110
5.1.1	实例描述	110
5.1.2	数控加工工艺分析	110
5.1.3	具体操作步骤	110

5.1.4	实例小结	132
5.2	提高实例——鼠标凸模数控加工	133
5.2.1	实例描述	133
5.2.2	数控加工工艺分析	133
5.2.3	具体操作步骤	133
5.2.4	实例小结	152
5.3	经典实例——LED 灯罩凹模数控加工	153
5.3.1	实例描述	153
5.3.2	数控加工工艺分析	153
5.3.3	具体操作步骤	153
5.3.4	实例小结	166
第 6 章	Pro/ENGINEER 四/五轴铣削加工案例	167
6.1	入门实例——饮料瓶四轴数控加工	168
6.1.1	实例描述	168
6.1.2	数控加工工艺分析	168
6.1.3	具体操作步骤	168
6.1.4	实例小结	177
6.2	提高实例——橄榄球曲面五轴数控加工	177
6.2.1	实例描述	177
6.2.2	数控加工工艺分析	177
6.2.3	具体操作步骤	177
6.2.4	实例小结	186
6.3	经典实例——圆管凹模数控加工	186
6.3.1	实例描述	186
6.3.2	数控加工工艺分析	186
6.3.3	具体操作步骤	187
6.3.4	实例小结	198
第 7 章	Pro/ENGINEER 单刀架车削加工案例	199
7.1	入门实例——减速机输出轴数控加工	200
7.1.1	实例描述	200
7.1.2	数控加工工艺分析	200
7.1.3	具体操作步骤	200
7.1.4	实例小结	222
7.2	提高实例——转动套数控加工	222
7.2.1	实例描述	222
7.2.2	数控加工工艺分析	223
7.2.3	具体操作步骤	223
7.2.4	实例小结	243
7.3	经典实例——短轴零件数控加工	243
7.3.1	实例描述	243
7.3.2	数控加工工艺分析	243

7.3.3	具体操作步骤	244
7.3.4	实例小结	271
第 8 章	Pro/ENGINEER 二塔台车削加工案例	273
8.1	入门实例——锥形轴数控加工	274
8.1.1	实例描述	274
8.1.2	数控加工工艺分析	274
8.1.3	具体操作步骤	274
8.1.4	实例小结	288
8.2	提高实例——手柄数控加工	288
8.2.1	实例描述	288
8.2.2	数控加工工艺分析	288
8.2.3	具体操作步骤	289
8.2.4	实例小结	319
8.3	经典实例——钻床主轴套数控加工	320
8.3.1	实例描述	320
8.3.2	数控加工工艺分析	320
8.3.3	具体操作步骤	320
8.3.4	实例小结	345
第 9 章	Pro/ENGINEER 车铣复合加工案例	347
9.1	入门实例——分度盘车铣复合加工	348
9.1.1	实例描述	348
9.1.2	数控加工工艺分析	348
9.1.3	具体操作步骤	348
9.1.4	实例小结	364
9.2	提高实例——键轴车铣复合加工	364
9.2.1	实例描述	364
9.2.2	数控加工工艺分析	364
9.2.3	具体操作步骤	364
9.2.4	实例小结	379
9.3	经典实例——异形安装盘车铣复合加工	380
9.3.1	实例描述	380
9.3.2	数控加工工艺分析	380
9.3.3	具体操作步骤	380
9.3.4	实例小结	409
第 10 章	Pro/ENGINEER 二轴线切割加工案例	411
10.1	入门实例——吊钩线切割数控加工	412
10.1.1	零件模型分析	412
10.1.2	数控加工工艺分析	412
10.1.3	具体操作步骤	412
10.1.4	实例小结	423
10.2	提高实例——拼图线切割数控加工	423

10.2.1	零件模型分析	423
10.2.2	数控加工工艺分析	423
10.2.3	具体操作步骤	423
10.2.4	实例小结	438
10.3	经典实例——Iphone 标识线切割数控加工	438
10.3.1	零件模型分析	438
10.3.2	数控加工工艺分析	438
10.3.3	具体操作步骤	438
10.3.4	实例小结	454
第 11 章	Pro/ENGINEER 四轴线切割加工案例	455
11.1	入门实例——锥齿轮线切割加工	456
11.1.1	零件模型分析	456
11.1.2	数控加工工艺分析	456
11.1.3	具体操作步骤	456
11.1.4	实例小结	465
11.2	提高实例——蝴蝶线切割数控加工	465
11.2.1	零件模型分析	465
11.2.2	数控加工工艺分析	466
11.2.3	具体操作步骤	466
11.2.4	实例小结	475
11.3	经典实例——凸模线切割加工	475
11.3.1	零件模型分析	475
11.3.2	数控加工工艺分析	475
11.3.3	具体操作步骤	475
11.3.4	实例小结	484

第1篇

多轴数控加工技术

第1章 多轴数控加工专业知识

第2章 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 入门

第3章 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工基础

第4章 Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 多轴数控加工
常用技术

第

1

章

多轴数控加工专业知识

作为本书第 1 章，本章将介绍数控加工理论知识，包括数控铣削、车削、线切割加工基本知识及数控加工工艺参数的设置等内容。通过学习，读者将会对多轴数控加工的专业理论有所熟悉。

- 1.1 数控加工基本原理
- 1.2 数控铣削加工基本知识
- 1.3 车削数控加工基本知识
- 1.4 数控线切割加工基本理论

1.1 数控加工基本原理

数控加工能高效、高精度地加工复杂的零件，特别是曲面较为复杂的型芯和型腔零件。数控英文全称为 Numerical Control，简称 NC。由数控系统发出的数字脉冲信号经变换放大后变成脉冲电流，脉冲电流通过伺服电动机能产生运动距离。伺服电动机可以做旋转和直线运动两种形式，因此，一个脉冲信号能实现一个旋转步距角或一个直线移动步距。在一个时段内连续发送脉冲信号，脉冲信号的数量就能精确对应旋转电动机转子的转数，单位时间内的脉冲数量称为脉冲频率，控制脉冲频率就能控制转子的转速，所以，脉冲信号和能根据脉冲信号作定量运动的伺服电动机是实现数控加工的基本条件。

普通车床是固定在三爪卡盘上的工件随主轴做旋转主运动，固定在刀架溜板上的刀具由手工操作做相对工件的二维进给运动进行切削的；普通铣床是固定在主轴上的刀具随主轴做旋转主运动，装夹在工作台上的工件由手工操作相对刀具做三维进给运动来进行切削的。为了实现数控加工，就按普通机床切削模式用旋转伺服电动机通过传动精度较高的同步带直接驱动主轴做回转主运动，通过控制脉冲频率来控制主运动的转速，从而省去了结构复杂的靠手工操作的变速齿轮箱等。同样，用旋转伺服电动机传动精度较高的滚珠丝杠螺母副，把旋转运动变成直线运动；精度很高的数控机床和高速数控机床直接用直线伺服电动机产生直线运动，把中间环节减至最少。

数控系统由加工程序输入工具、译码器、数据处理器和处理软件、数据存储器 and 脉冲电流输出工具等组成。加工程序用输入工具输入到数控系统，由译码器翻译成处理系统能识别的数据，经软件分析计算变成智能加工数据，存放在存储器中。加工时用输出工具将加工数据变成脉冲电流，输送给 X、Y、Z 方向的伺服电动机和主轴伺服电动机，伺服电动机通过传动机构形成切削主运动和进给运动。测量装置随时监测实际主运动和进给运动与加工程序所要求的运动量之间的误差，并反馈到数控系统，及时修正伺服电动机的转速，从而精确控制刀具和工件之间的切削运动，这样就实现了自动切削，使平时由半人工操作的金属切削变成了用程序控制的切削，这就是数控加工的原理。

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。先根据零件的加工图样的要求确定零件的加工工艺过程、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）及辅助操作（换刀、主轴的正转和反转、切削液的开和关）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。

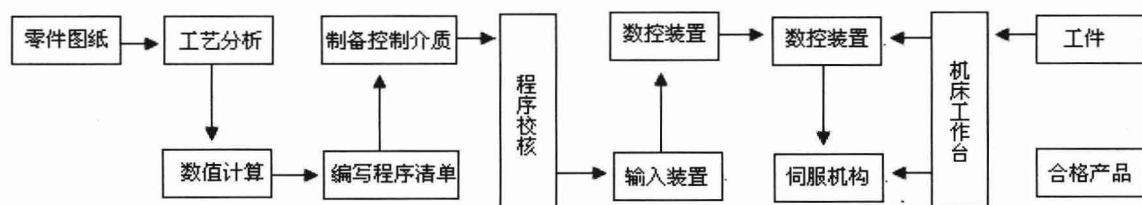


图 1-1 数控加工基本原理

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，与普通机床相比，数控加工具有以下特点。

1) 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。

2) 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加工,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的,而数控加工过程是严格按照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。

3) 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,在对零件进行数学处理和计算时,编程尺寸设定值要根据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。

4) 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。

5) 数控加工工艺的特殊要求

- 由于数控机床比普通机床的刚度高,所配的刀具也较好,因而在同等情况下,所采用的切削用量比普通机床大,加工效率也越高。选择切削用量时要充分考虑这些特点。
- 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,明显表现为工艺数目少,工艺内容多。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。
- 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。

6) 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,关键在于确定进给路线及生成刀具运动轨迹。

1.2 数控铣削加工基本知识

数控铣削是机械加工中最常用和最主要的数控加工方法之一,它除了能铣削普通铣床所能铣削的各

种零件表面外，还能铣削普通铣床不能铣削的需要 2~5 轴坐标联动的各种平面轮廓和立体轮廓。

1.2.1 三轴数控加工原理

数控铣床的基本组成如图 1-2 所示。它由床身、立柱、主轴箱、工作台、滑鞍、滚珠丝杠、伺服电机、伺服装置、数控系统等组成。

床身用于支撑和连接机床各部件。主轴箱用于安装主轴。主轴下端的锥孔用于安装铣刀。当主轴箱内的主轴电机驱动主轴旋转时，铣刀能够切削工件。主轴箱还可沿立柱上的导轨在 Z 向移动，使刀具上升或下降。工作台用于安装工件或夹具。工作台可沿滑鞍上的导轨在 X 向移动，滑鞍可沿床身上的导轨在 Y 向移动，从而实现工件在 X 和 Y 向的移动。无论是 X 向、Y 向，还是 Z 向的移动，都靠伺服电机驱动滚珠丝杠来实现。伺服装置用于驱动伺服电机。控制器用于输入零件加工程序和控制机床工作状态。控制电源用于向伺服装置和控制器供电。

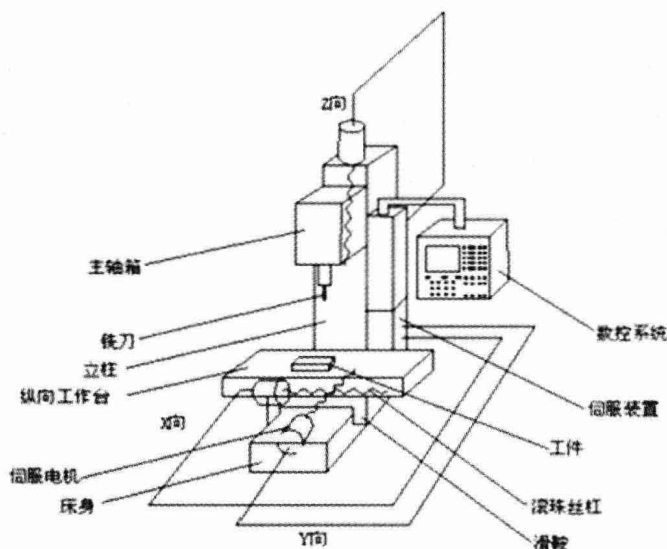


图 1-2 数控铣床结构

1. 数控铣床的工作原理

根据零件形状、尺寸、精度和表面粗糙度等技术要求制定加工工艺，选择加工参数。通过手工编程或利用 CAM 软件自动编程，将编好的加工程序输入到控制器。控制器对加工程序处理后，向伺服装置传送指令。伺服装置向伺服电机发出控制信号。主轴电机使刀具旋转，X、Y 和 Z 向的伺服电机控制刀具和工件按一定的轨迹相对运动，从而实现工件的切削。

2. 数控铣床加工的特点

- (1) 用数控铣床加工零件，精度很稳定。如果忽略刀具的磨损，用同一程序加工出的零件具有相同的精度。
- (2) 数控铣床尤其适合加工形状比较复杂的零件，如各种模具等。
- (3) 数控铣床自动化程度很高，生产率高，适合加工批量较大的零件。

1.2.2 五轴数控加工原理

要学习五轴数控加工技术,首先需要了解数控加工的原理和特点,所以,本节介绍五轴数控加工的原理和应用范围、特点等。

五轴数控加工就是指在一台机床上至少有5个坐标轴(3个直线坐标和2个旋转坐标),而且可在计算机数控系统控制下同时协调运动进行加工。图1-3为典型的五轴联动数控机床。

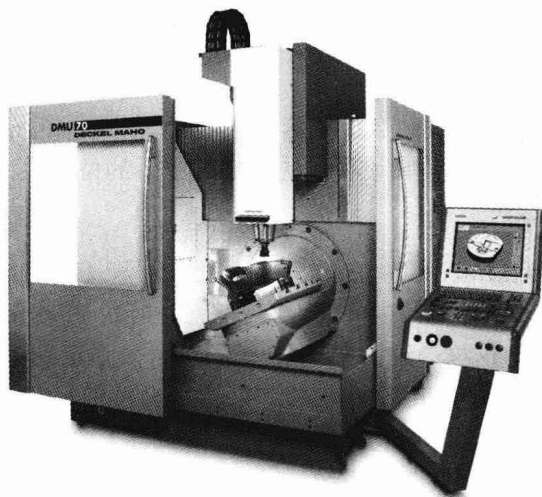
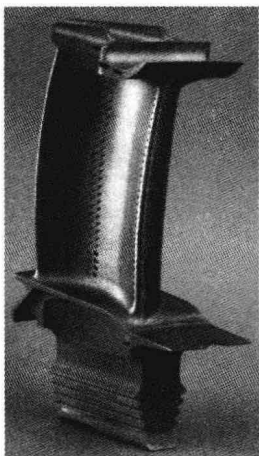


图 1-3 五轴联动数控机床

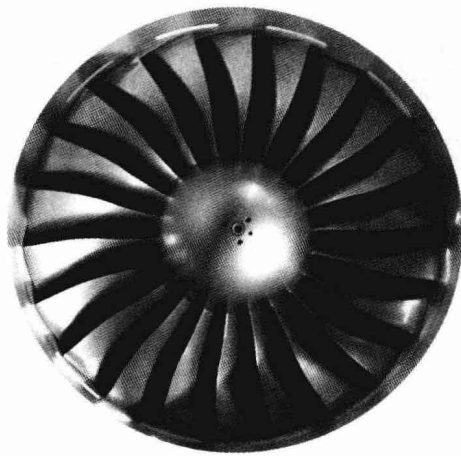
1. 五轴数控加工特点

五轴数控加工中一台机床至少有5个坐标轴,可在计算机控制下联合工作,具有以下特点。

(1) 可以加工一般三轴数控机床不能加工或很难在一次装夹完成加工的连续、平滑的自由曲面,如航空发动机和汽轮机的叶片、螺旋推进器等,如图1-4所示。如采用三轴数控机床加工,由于其刀具相对于工件的姿态在加工过程中不能改变,加工某些复杂曲面时,就可能产生干涉和欠加工。而用五轴加工由于刀具的轴线可随时调整,避免刀具与工件的干涉,并能一次装夹完成全部加工。



(a) 叶片



(b) 叶轮

图 1-4 典型复杂型面零件