

CAD/CAM/CAE 教学基地

Mastercam X4

多轴数控加工

基础与典型范例



李万全 高长银 刘红霞 编著
飞思数字创意出版中心 监制

✦ 一线设计师倾情奉献最前沿的多轴数控加工设计理念

✦ 22 个经典实例，帮助读者提高实战能力
22 讲视频教学，时长 240 分钟，学练结合，巩固学习效果

✦ 功能、命令详解与实例操作紧密结合，使学习方式更加科学、高效

✦ 通过本书的学习可以帮助读者设计出更富创新性的产品



DVD-ROM

包含源文件、结果文件及视频演示



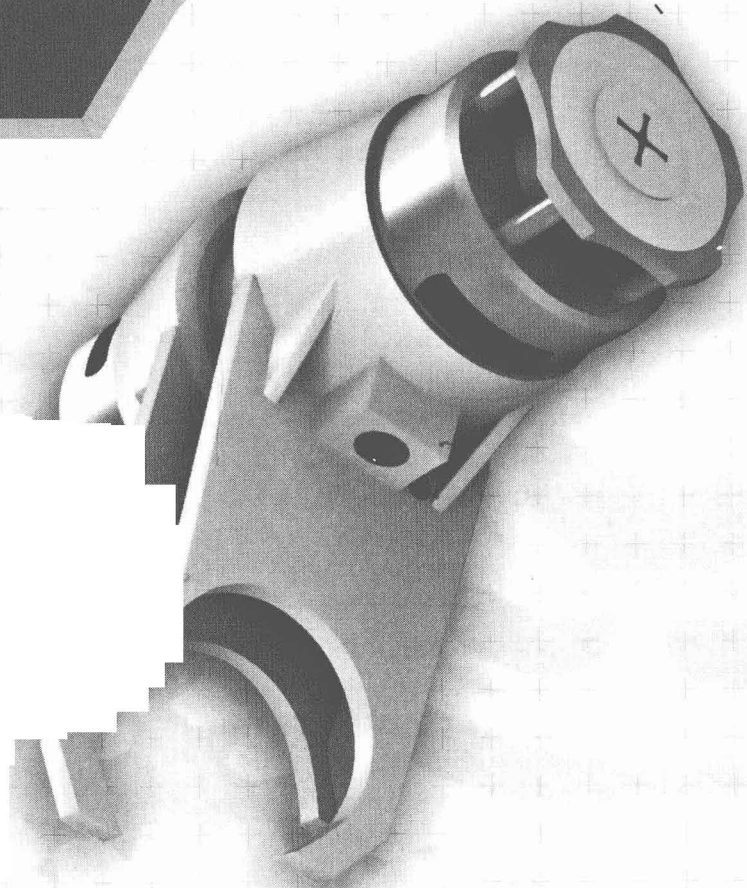
电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

CAD/CAM/CAE 教学基地

Mastercam X4 多轴数控加工 基础与典型范例



李万全 高长银 刘红霞 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

全书从工程实用的角度出发,通过大量典型实例,深入浅出地介绍了 Mastercam X4 多轴数控加工的流程、方法和技巧。全书共包括 13 章,第 1~5 章介绍了 Mastercam X4 多轴加工技术,包括多轴数控加工专业知识、Mastercam 加工操作与设置、多轴铣削、车削和线切割加工这些常用技术;第 6~13 章由浅至深地安排了大量的 Mastercam 多轴加工实例,包括二维铣削加工、三维铣削加工、五轴铣削加工、车削多轴加工、车铣复合加工、2 轴线切割加工、4 轴线切割加工、多轴雕刻加工。实例类型丰富、覆盖面广、剪表性强,按照入门—提高—经典的渐进方式,符合读者学习过程,易学易懂。读者即使此前毫无基础,也可以迅速上手和提高。所有实例全部来自一线实践,应用性和实战性强,读者学习后举一反三,将可以掌握 Mastercam 各类数控多轴加工的方法、细节与技巧。

本书含光盘一张,包括书中所有实例素材文件和语音视频,帮助读者学完后温习巩固。本书既可作为大、中专院校相关机械专业学生的培训教材,同时也可作为公司/工厂数控加工人员自学充电的理想参考书。

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

Mastercam X4 多轴数控加工基础与典型范例/李万全,高长银,刘红霞编著.

北京:电子工业出版社,2011.5

(CAD/CAM/CAE 教学基地)

ISBN 978-7-121-13141-7

I. ①M… II. ①李… ②高… ③刘… III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, Mastercam X4IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 046023 号

责任编辑:何郑燕

特约编辑:赵树刚

印 刷:北京天宇星印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

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:787×1092 1/16 印张:33.25 字数:851.2 千字

印 次:2011 年 5 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 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。

前言

Mastercam 是一款基于 PC 平台上的 CAD/CAM 一体化软件。Mastercam 自问世以来，一直以其独有的特点在专业领域享有很高的声誉，主要应用于机械、电子、汽车等行业，特别在模具制造业中应用最广。Mastercam X4 是由美国 CNC Software NC 公司推出的新版本，该版本在原有版本的基础上又增加了新的功能和模块。主要体现如下：

- 操作方面，采用了目前流行的“窗口式操作”和“以对象为中心”的操作方式，使操作效率大幅度提高。
- 设计方面，单体模式可以选取“曲面边界”，可以动态选取串连起始点，增加了工作坐标系统 WCS，而在实体管理器中，可以将曲面转换成开放的薄片实体或封闭的实体，等等。
- 加工方面，在刀具路径重新计算中，除了刀具直径和刀角半径的更改需要重新计算外，其他参数的更改都不需要重新计算。在打开文件时可选择是否载入 NCI 资料，这样的操作大大缩短了读取大文件的时间。

本书内容导读

全书从工程实用的角度出发，通过大量典型实例，深入浅出地介绍了 Mastercam X4 多轴数控加工的流程、方法和技巧。全书共包括 13 章。具体内容安排如下：

第 1 章概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，以及数控加工工艺参数的设置等。

第 2~5 章介绍 Mastercam 加工设置与操作、铣削数控加工常用技术、车削数控加工常用技术，以及线切割数控加工常用技术。读者通过学习，将熟悉 Mastercam X4 多轴数控加工的常用技能，为后面的实例学习打下基础。

第 6~13 章为数控加工实例，围绕铣削、车削、线切割 3 方面，按照入门—提高—经典的渐进方式，结合 22 个实例深入地剖析了 Mastercam X4 多轴数控加工的流程、方法和经验。具体包括 9 个多轴铣削（心形零件铣削数控加工、槽轮铣削数控加工、定位花盘铣削数控加工、肥皂盒曲面数控加工、电吹风凹模数控加工、球面五轴数控加工、手机凸模五轴数控加工、鼠标曲面高级五轴数控加工）、6 个多轴车削（套筒、铣床、螺纹轴、数字标牌车铣复合加工、定位轴车铣复合加工、六角头螺母车铣复合加工）、6 个线切割（月牙零件、数字板、奥运五环、螺旋柱、天方地圆、锥套），以及 1 个多轴雕刻加工类实例。

本书特色归纳

- (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) 本书以技术为辅、实例为主。实例类型从易到难，每个实例通过实例描述、加工

方法分析、加工流程与所用知识点、具体操作步骤和实例小结进行讲解，方便读者快速掌握实例的要点和精髓。

(3) 本书实例范围广，应用性强，涉及二维铣削、三维铣削、五轴铣削、车削加工、车铣复合加工、2 轴线切割加工、4 轴线切割加工，几乎涵盖了整个数控加工领域。读者学习后可举一反三，完成从入门到精通的飞跃。

本书读者对象

本书具有很强的实用性，因此既适合从事 Mastercam 多轴数控加工的读者参考，同时也可作为高等院校、高职高专学校机械类相关专业学生的理想教材。

本书主要由李万全、高长银、刘红霞编写，另外，参加编写的还有涂志涛、马龙梅、邓力、孙红亮、王乐、赵普磊、张秋冬、黎胜容、黎双玉、邱大伟、陈平、喻德，在此一并向他们表示感谢！

由于编写时间有限，书中难免会有一些疏漏和不足之处，欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

编 者

2011 年 3 月






目 录

第 1 章 多轴数控加工专业知识	1
1.1 数控加工基本原理	1
1.2 数控铣削加工基本知识	3
1.2.1 三轴数控加工原理	3
1.2.2 五轴数控加工原理	4
1.2.3 控制轴和加工坐标系	8
1.2.4 数控铣削加工工艺制定	9
1.2.5 铣削加工刀具与材料	10
1.2.6 切削用量的确定	12
1.3 车削数控加工基本知识	13
1.3.1 车削数控加工原理	13
1.3.2 数控车削加工的用途和加工对象	14
1.3.3 数控车削加工工艺制定	16
1.3.4 数控车削用量的选择	18
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 Mastercam X4 多轴加工入门	23
2.1 Mastercam X4 数控加工概述	23
2.1.1 Mastercam X4 数控加工功能	23
2.1.2 Mastercam X4 用户操作界面	24
2.1.3 Mastercam X4 数控加工一般流程	26
2.2 设置加工工件	27
2.2.1 设置工件尺寸及原点	27
2.2.2 设置工件材料	30

2.3	设置加工刀具	31
2.3.1	从刀具库选择刀具	32
2.3.2	修改刀具库刀具	32
2.3.3	自定义新刀具	37
2.3.4	设置刀具加工参数	37
2.4	加工操作管理	38
2.4.1	刀具路径模拟	39
2.4.2	实体切削验证	41
2.4.3	后处理产生 NC 程序	42
2.4.4	锁定加工操作	44
2.4.5	关闭刀具路径显示	44
2.5	本章小结	44
第 3 章 Mastercam X4 多轴铣削数控加工常用技术		45
3.1	二维加工刀具路径	45
3.1.1	二维加工共同参数	45
3.1.2	二维加工方法	47
3.2	三维曲面刀具路径	64
3.2.1	曲面加工共同参数 (Surface Parameters)	65
3.2.2	曲面粗加工 (Surface Rough)	67
3.2.3	曲面精加工 (Surface Finish)	80
3.3	多轴加工刀具路径	86
3.3.1	多轴加工共同参数	86
3.3.2	多轴加工方法	87
3.4	本章小结	96
第 4 章 Mastercam X4 车削数控加工常用技术		97
4.1	车削加工基础知识	97
4.1.1	设置加工刀具	97
4.1.2	工件设置	102
4.2	车削加工方法	107
4.2.1	粗车加工	107
4.2.2	精车加工	111
4.2.3	车削螺纹加工	112
4.2.4	径向车削加工	114
4.2.5	端面车削	119
4.2.6	截断车削	119

4.2.7 钻孔加工	120
4.3 本章小结	121
第5章 Mastercam X4 线切割数控加工常用技术	123
5.1 线切割加工共同参数	123
5.1.1 线切割轨迹类型	123
5.1.2 电极丝和电源设置	124
5.1.3 冲洗中	127
5.2 线切割加工方法	127
5.2.1 外形线切割加工	127
5.2.2 四轴线切割加工	141
5.3 本章小结	142
第6章 Mastercam X4 二维铣削加工案例	143
6.1 入门实例——心形零件铣削数控加工 (教学视频)	143
6.1.1 实例描述	143
6.1.2 加工方法分析	143
6.1.3 加工流程与所用知识点	144
6.1.4 具体的加工操作过程	145
6.1.5 实例小结	159
6.2 提高实例——槽轮铣削数控加工 (教学视频)	160
6.2.1 实例描述	160
6.2.2 加工方法分析	160
6.2.3 加工流程与所用知识点	160
6.2.4 具体的加工操作过程	162
6.2.5 实例小结	179
6.3 经典实例——定位花盘铣削数控加工 (教学视频)	179
6.3.1 实例描述	179
6.3.2 加工方法分析	179
6.3.3 加工流程与所用知识点	179
6.3.4 具体的加工操作过程	181
6.3.5 实例小结	206
第7章 Mastercam X4 三维铣削加工案例	207
7.1 入门实例——肥皂盒曲面数控加工 (教学视频)	207
7.1.1 实例描述	207
7.1.2 加工方法分析	207

7.1.3	加工流程与所用知识点	208
7.1.4	具体步骤	209
7.1.5	实例小结	222
7.2	提高实例——眼镜盒曲面数控加工 (教学视频)	222
7.2.1	实例描述	222
7.2.2	加工方法分析	222
7.2.3	加工流程与所用知识点	223
7.2.4	具体步骤	224
7.2.5	实例小结	242
7.3	经典实例——电吹风凹模数控加工 (教学视频)	243
7.3.1	实例描述	243
7.3.2	加工方法分析	243
7.3.3	加工流程与所用知识点	243
7.3.4	具体步骤	245
7.3.5	实例小结	262
第8章 Mastercam X4 五轴铣削加工案例		263
8.1	入门实例——球面五轴数控加工 (教学视频)	263
8.1.1	实例描述	263
8.1.2	加工方法分析	263
8.1.3	加工流程与所用知识点	264
8.1.4	具体步骤	265
8.1.5	实例小结	279
8.2	提高实例——手机凸模五轴数控加工 (教学视频)	279
8.2.1	实例描述	279
8.2.2	加工方法分析	279
8.2.3	加工流程与所用知识点	279
8.2.4	具体步骤	281
8.2.5	实例小结	291
8.3	经典实例——鼠标曲面高级五轴数控加工 (教学视频)	291
8.3.1	实例描述	291
8.3.2	加工方法分析	291
8.3.3	加工流程与所用知识点	292
8.3.4	具体步骤	293
8.3.5	实例小结	303

第 9 章 Mastercam X4 车削加工案例	305
9.1 入门实例——螺纹轴车削数控加工 ( 教学视频)	305
9.1.1 实例描述	305
9.1.2 加工方法分析	305
9.1.3 加工流程与所用知识点	306
9.1.4 具体的加工操作过程	308
9.1.5 实例小结	335
9.2 提高实例——套筒车削数控加工 ( 教学视频)	336
9.2.1 实例描述	336
9.2.2 加工方法分析	336
9.2.3 加工流程与所用知识点	336
9.2.4 具体的加工操作过程	338
9.2.5 实例小结	355
9.3 经典实例——铣床定位套车削数控加工 ( 教学视频)	356
9.3.1 实例描述	356
9.3.2 加工方法分析	356
9.3.3 加工流程与所用知识点	356
9.3.4 具体的加工操作过程	358
9.3.5 实例小结	380
第 10 章 Mastercam X4 车铣复合加工案例	381
10.1 入门实例——数字标牌车铣复合加工 ( 教学视频)	381
10.1.1 实例描述	381
10.1.2 加工方法分析	381
10.1.3 加工流程与所用知识点	382
10.1.4 具体的加工操作过程	383
10.1.5 实例小结	398
10.2 提高实例——定位轴车铣复合加工 ( 教学视频)	398
10.2.1 实例描述	398
10.2.2 加工方法分析	398
10.2.3 加工流程与所用知识点	398
10.2.4 具体的加工操作过程	400
10.2.5 实例小结	412
10.3 经典实例——六角头螺母车铣复合加工 ( 教学视频)	413
10.3.1 实例描述	413
10.3.2 加工方法分析	413

10.3.3	加工流程与所用知识点	413
10.3.4	具体的加工操作过程	415
10.3.5	实例小结	439
第 11 章 Mastercam X4 二轴线切割加工案例		441
11.1	入门实例——月牙零件线切割加工 (教学视频)	441
11.1.1	实例描述	441
11.1.2	加工方法分析	441
11.1.3	加工流程与所用知识点	442
11.1.4	具体的加工操作过程	443
11.1.5	实例小结	450
11.2	提高实例——数字板线切割加工 (教学视频)	450
11.2.1	实例描述	450
11.2.2	加工方法分析	451
11.2.3	加工流程与所用知识点	451
11.2.4	具体的加工操作过程	452
11.2.5	实例小结	461
11.3	经典实例——奥运五环线切割加工 (教学视频)	461
11.3.1	实例描述	461
11.3.2	加工方法分析	461
11.3.3	加工流程与所用知识点	461
11.3.4	具体的加工操作过程	462
11.3.5	实例小结	478
第 12 章 Mastercam X4 四轴线切割加工案例		479
12.1	入门实例——天方地圆线切割数控加工 (教学视频)	479
12.1.1	实例描述	479
12.1.2	加工方法分析	479
12.1.3	加工流程与所用知识点	480
12.1.4	具体的加工操作过程	481
12.1.5	实例小结	488
12.2	提高实例——螺旋柱线切割数控加工 (教学视频)	489
12.2.1	实例描述	489
12.2.2	加工方法分析	489
12.2.3	加工流程与所用知识点	489
12.2.4	具体的加工操作过程	490

12.2.5 实例小结	498
12.3 经典实例——锥套线切割数控加工 (教学视频)	498
12.3.1 实例描述	498
12.3.2 加工方法分析	498
12.3.3 加工流程与所用知识点	498
12.3.4 具体的加工操作过程	499
12.3.5 实例小结	506
第 13 章 Mastercam X4 数控多轴雕刻加工实例	
——异形管道数控加工 (教学视频)	507
13.1 实例描述	507
13.2 加工方法分析	507
13.3 加工流程与所用知识点	508
13.4 具体步骤	509
13.4.1 启动 Mastercam X4, 打开文件	509
13.4.2 选择加工系统	509
13.4.3 沿面五轴加工上表面	510
13.4.4 沿面五轴加工下表面	514
13.4.5 后处理	518
13.5 实例小结	519

第 1 章 多轴数控加工专业知识

主要内容

作为本书第 1 章，将介绍数控加工理论专业知识，包括数控铣削、车削、线切割加工原理，以及加工工艺参数的设置，使读者对数控加工技术有入门性的了解。

1.1 数控加工基本原理

采用数控加工能高效、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。数控的英文全称为 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做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。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进行切削。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、数据存储器和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。

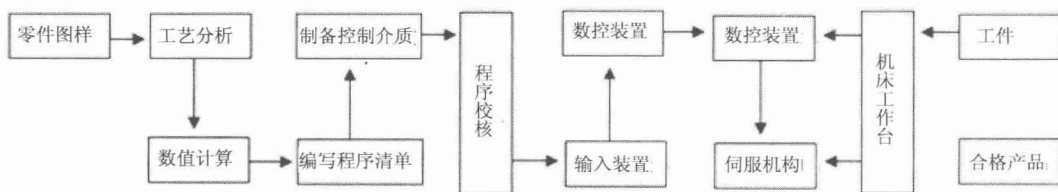


图 1-1 数控加工基本原理

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，其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（如穿孔纸带、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、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削，是否需要退刀清理切削再继续切削，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。



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,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,所采用的切削用量比普通机床大,加工效率也高。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基本确定的内容,所以制定数控加工工艺的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。

1.2 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、伺服电动机、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动机驱动主轴旋转时,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、Y向,还是Z向的移动都是靠伺服电动机驱动滚珠丝杠来实现的。伺服装置用于驱动伺服电动机。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。

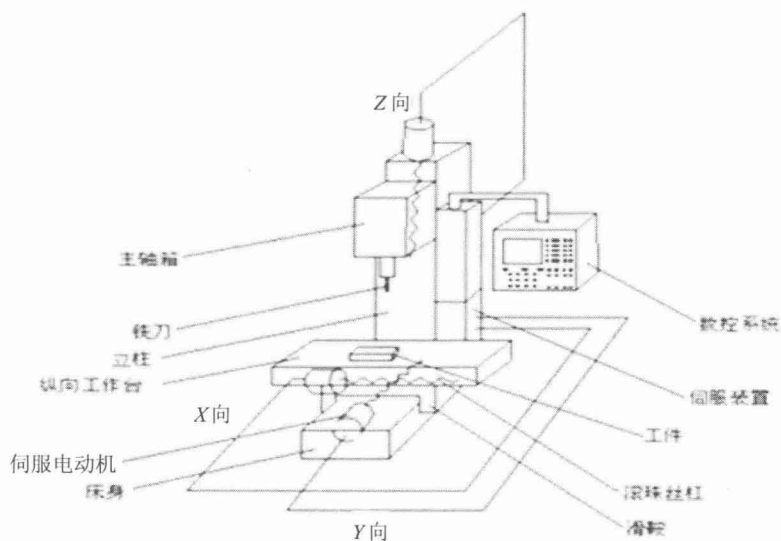


图 1-2 数控铣床结构

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。伺服装置向伺服电动机发出控制信号。主轴电动机使刀具旋转，X、Y 和 Z 向的伺服电动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

- 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。
- 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。
- 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，首先需要了解五轴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。如图 1-3 所示为典型的五轴联动数控机床。

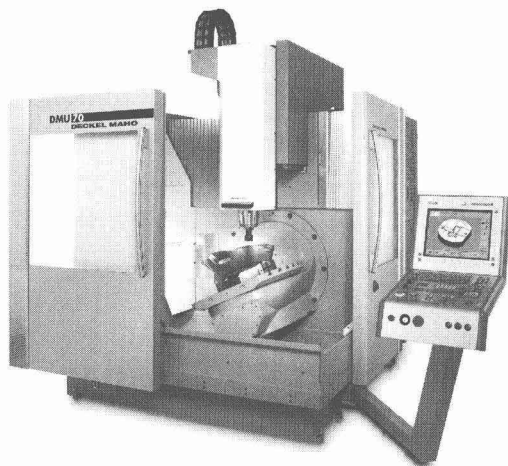
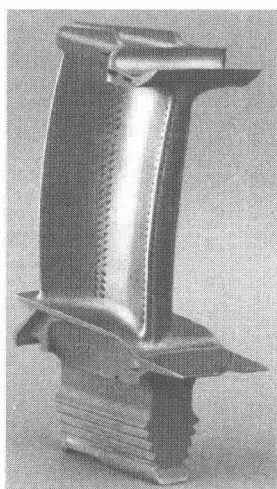


图 1-3 五轴联动数控机床

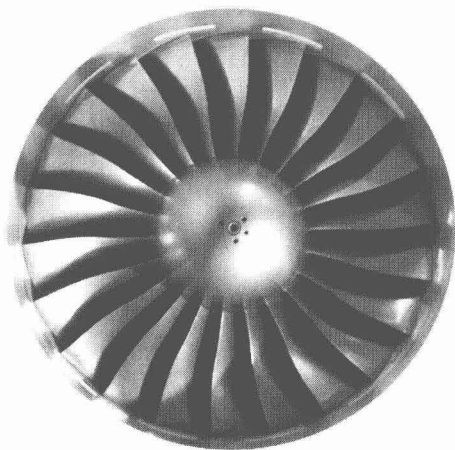
1. 五轴数控加工特点

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，它具有以下特点：

- 可以加工一般三轴数控机床不能加工或很难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) 螺旋推进器

图 1-4 典型复杂曲面零件

- 可以提高空间自由曲面的加工精度、质量和效率。例如，三轴加工复杂曲面时，多采用球头铣刀，球头铣刀以点接触，切削效率低，刀具/工件姿态在加工过程中