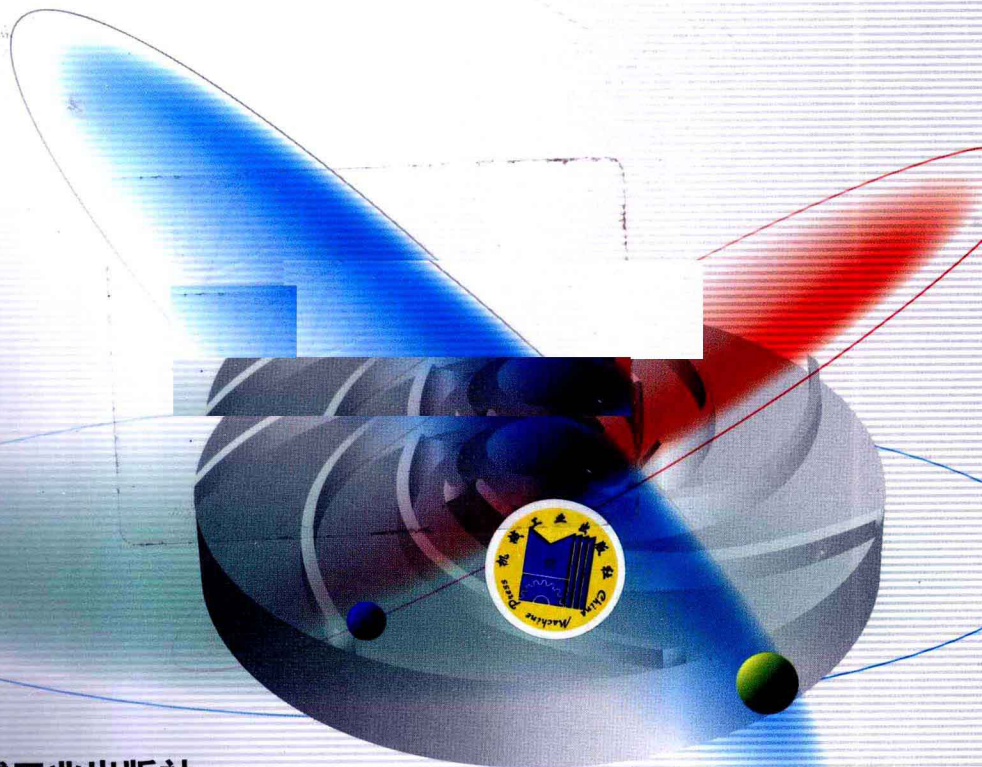


工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

UG NX 7.5 多轴数控加工 典型实例详解



高长银 李万全 黎胜容 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书

UG NX 7.5 多轴数控加工 典型实例详解

高长银 李万全 黎胜容 主编



机械工业出版社

全书从工程实用的角度出发,通过大量实例,深入浅出地介绍了UG NX 7.5多轴数控加工的流程、方法和技巧。全书共8章,第1、2章为专业知识与操作基础,介绍了UG NX 7.5多轴数控加工的原理与工艺,以及UG NX 7.5多轴数控加工的设置管理与刀具路径生成和验证等,引导读者入门;第3~8章为UG NX 7.5多轴数控加工实例解析,具体包括三轴铣削加工、四轴铣削加工、五轴铣削加工、多轴车削加工、车铣复合加工和四轴线切割加工,几乎涉及了所有的多轴加工类型。全书实例典型丰富,代表性和指导性强。讲解从入门到提高,深入浅出,大大降低了学习门槛,易学易懂。读者即使此前没有基础,也可以迅速实现从入门到精通。

本书含光盘一张,包括书中所有素材源文件和实例操作的语音视频,方便读者复习和巩固。本书既适合工厂数控加工人员使用,同时也可作为大中专院校相关专业学生的理想教材,是读者学习多轴加工的必备宝典。

图书在版编目(CIP)数据

UG NX 7.5 多轴数控加工典型实例详解/高长银, 李万全, 黎胜容主编.
—北京: 机械工业出版社, 2011.12
(工程软件多轴数控加工典型实例详解丛书)
ISBN 978-7-111-35806-0

I. ①U… II. ①高… ②李… ③黎… III. ①数控机床—计算机
辅助设计—应用软件, UG NX 7.5 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第183626号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑: 周国萍 责任编辑: 周国萍 李建秀

版式设计: 张世琴 责任校对: 李婷

封面设计: 姚毅 责任印制: 乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·29.75印张·578千字

0001—4000册

标准书号: ISBN 978-7-111-35806-0

ISBN 978-7-89433-112-0(光盘)

定价: 68.00元(含1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

多轴数控加工是近几年发展起来的一项热门技术，第四届全国数控大赛就是以多轴加工方向为主，说明了学习多轴加工的必要性和迫切性。UG NX 是目前世界上应用最为广泛的 CAD/CAM 软件，具有强大的多轴加工功能，是许多企业员工从事多轴加工以及高校老师进行数控教学的首选软件。但目前市场上关于 UG NX 多轴数控加工的书比较少，远远满足不了广大读者的学习需求，因此本书应运而生。

1. 本书内容安排

本书内容循序渐进，安排形式为：多轴加工专业知识→UG NX 7.5 多轴数控加工基础→UG NX 7.5 多轴铣削加工实例→UG NX 7.5 多轴车削加工实例→UG NX 7.5 车铣复合加工实例→UG NX 7.5 四轴线切割加工实例。实例丰富典型，由浅入深，工程实践性强。具体内容安排如下：

第 1 章为多轴数控加工专业知识，概要介绍了铣削、车削和线切割加工原理与工艺，使读者对多轴加工技术特点有一个大致的了解。

第 2 章为 UG NX 7.5 多轴数控加工基础，分别介绍了数控加工界面、操作导航器、数控加工父级组、创建操作以及刀具路径管理。读者通过学习，将掌握 UG NX 7.5 数控加工的基本操作，可为后面的实例学习打好基础。

第 3~5 章为 UG NX 7.5 多轴铣削加工实例。其中三轴铣削加工实例包括汽车覆盖件凹模铣削加工、望远镜凸模铣削加工；四轴铣削加工实例包括把手零件四轴铣削加工、空间凸轮四轴铣削加工；五轴铣削加工实例包括车灯凸模数控铣削加工以及航空飞机框架的数控铣削加工。

第 6、7 章为 UG NX 7.5 多轴车削和车铣复合加工实例，具体包括磨床主轴数控车削加工、圆锥螺母套数控车削加工、异形安装盘数控加工、连接套零件外形数控加工。其中，后面两个例子属于车铣复合加工类型，是学习的难点。

第 8 章介绍了 UG NX 7.5 四轴线切割加工实例，具体包括天方地圆零件数控线切割加工和五星异形零件数控线切割加工。

2. 本书主要特点

与同类书相比，本书主要特点有：

1) 细分多轴加工技术，通过大量工程实例，讲解了 UG NX 7.5 多轴加工的

技术特点与实际应用，集专业性、实用性于一体。

2) 实例安排循序渐进，从入门到提高，符合读者学习过程；讲解由浅入深，降低学习门槛，提高读者学习效率。

3) 本书光盘提供实例操作的语音视频，方便读者上机操作练习，加深理解和巩固，扩大学习效果。

3. 本书读者对象

本书针对 UG NX 数控加工的初、中级用户编写，特别适合读者自学参考。既适合工厂数控加工人员参考使用，也可作为大中专院校相关机械专业学生的教材。

4. 本书作者队伍

本书由高长银、李万全、黎胜容主编，参加编写的还有黎双玉、马龙梅、涂志涛、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟、刘汝芳、夏劲松。

由于时间有限，书中难免会有一些错误和不足之处，欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

编者

目 录

前言

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 控制轴和加工坐标系	3
1.3 数控铣削加工原理与工艺	4
1.3.1 数控铣削加工原理	5
1.3.2 数控铣削加工工艺制订	6
1.4 数控车削加工原理与工艺	8
1.4.1 数控车削加工原理	8
1.4.2 数控车削加工用途和对象	9
1.4.3 数控车削加工工艺制订	10
1.4.4 数控车削用量的选择	13
1.5 数控线切割加工原理与工艺	14
1.5.1 数控线切割加工机床的加工原理	14
1.5.2 数控线切割加工的特点与应用	15
1.5.3 四轴数控线切割加工原理	16
1.5.4 数控线切割加工工艺内容	16
1.6 多轴数控加工机床	17
1.6.1 三轴数控加工机床	17
1.6.2 四轴数控加工机床	18
1.6.3 五轴数控加工机床	20
1.6.4 车铣复合加工机床	23
1.7 本章小结	25
第 2 章 UG NX 7.5 多轴数控加工基础	26
2.1 UG NX 7.5 数控加工环境	26
2.1.1 进入 UG NX 7.5 加工模块	26
2.1.2 UG NX 7.5 用户操作界面	28
2.1.3 加工参数预设置	31

2.2 UG NX 7.5 操作导航器	37
2.2.1 操作导航器的视图	38
2.2.2 操作导航器和操作导航器对象的快捷菜单	40
2.2.3 父级组操作和继承性	42
2.3 UG NX 7.5 数控加工设置管理	43
2.3.1 数控加工父级组	43
2.3.2 创建操作	51
2.3.3 刀具路径管理	53
2.4 本章小结	57
第 3 章 UG NX 7.5 三轴铣削加工实例	58
3.1 入门实例——汽车覆盖件凹模铣削加工	58
3.1.1 实例描述	58
3.1.2 加工方法分析	58
3.1.3 加工流程与所用知识点	59
3.1.4 具体操作步骤	61
3.1.5 实例小结	104
3.2 提高实例——望远镜凸模铣削加工	104
3.2.1 实例描述	104
3.2.2 加工方法分析	105
3.2.3 加工流程与所用知识点	105
3.2.4 具体操作步骤	107
3.2.5 实例小结	136
第 4 章 UG NX 7.5 四轴铣削加工实例	137
4.1 入门实例——把手零件四轴铣削加工	137
4.1.1 实例描述	137
4.1.2 加工方法分析	137
4.1.3 加工流程与所用知识点	138
4.1.4 具体操作步骤	139
4.1.5 实例小结	158
4.2 提高实例——空间凸轮四轴铣削加工	159
4.2.1 实例描述	159
4.2.2 加工方法分析	159
4.2.3 加工流程与所用知识点	159

4.2.4 具体操作步骤.....	161
4.2.5 实例小结	182
第 5 章 UG NX 7.5 五轴铣削加工实例	183
5.1 入门实例——车灯凸模数控铣削加工.....	183
5.1.1 实例描述	183
5.1.2 加工方法分析.....	183
5.1.3 加工流程与所用知识点	184
5.1.4 具体操作步骤.....	187
5.1.5 实例小结	231
5.2 提高实例——航空飞机框架铣削加工.....	231
5.2.1 实例描述	231
5.2.2 加工方法分析.....	232
5.2.3 加工流程与所用知识点	232
5.2.4 具体操作步骤.....	234
5.2.5 实例小结	264
第 6 章 UG NX 7.5 多轴车削加工实例	265
6.1 入门实例——磨床主轴数控车削加工.....	265
6.1.1 实例描述	265
6.1.2 加工方法分析.....	265
6.1.3 加工流程与所用知识点	265
6.1.4 具体操作步骤.....	267
6.1.5 实例小结	321
6.2 提高实例——圆锥螺母套数控车削加工.....	322
6.2.1 实例描述	322
6.2.2 加工方法分析.....	322
6.2.3 加工流程与所用知识点	322
6.2.4 具体操作步骤.....	326
6.2.5 实例小结	363
第 7 章 UG NX 7.5 车铣复合加工实例	364
7.1 入门实例——异形安装盘数控加工.....	364
7.1.1 实例描述	364
7.1.2 加工方法分析.....	364
7.1.3 加工流程与所用知识点	365

7.1.4	具体操作步骤.....	368
7.1.5	实例小结	394
7.2	提高实例——连接套零件外形数控加工.....	394
7.2.1	实例描述	394
7.2.2	加工方法分析.....	394
7.2.3	加工流程与所用知识点.....	395
7.2.4	具体操作步骤.....	397
7.2.5	实例小结	434
第 8 章	UG NX 7.5 四轴线切割加工实例.....	435
8.1	入门实例——天方地圆零件数控线切割加工.....	435
8.1.1	实例描述	435
8.1.2	加工方法分析.....	435
8.1.3	加工流程与所用知识点.....	436
8.1.4	具体操作步骤.....	438
8.1.5	实例小结	448
8.2	提高实例——五星异形零件数控线切割加工.....	448
8.2.1	实例描述	448
8.2.2	加工方法分析.....	448
8.2.3	加工流程与所用知识点.....	449
8.2.4	具体操作步骤.....	450
8.2.5	实例小结	465
	参考文献.....	466

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专业知识，包括数控铣削、数控车削、数控线切割加工的基本原理以及数控加工工艺参数的设置等内容，使读者对多轴加工有个概要性的了解。

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。伺服电动机可以做成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。

普通车床是固定在自定心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。普通铣床是固定在工作台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，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、数据处理软件、数据存储器、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，其基本原理如图 1-1 所示。

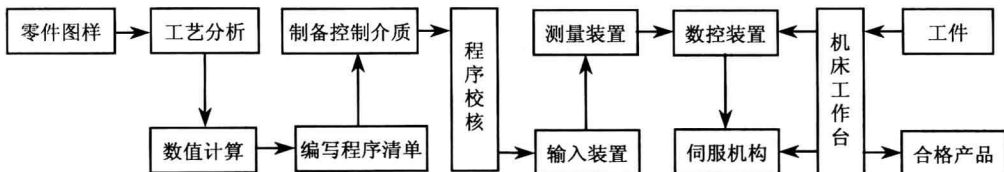


图 1-1 数控加工基本原理

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、软盘等）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 在普通机床上加工时，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，不仅成为数控加工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。数控加工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进行,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) 制订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和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

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。

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。

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和工件的干涉问题。

(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,所以制订数控加工工艺的着重点在于整个数控加工过程的分析,关键是确定进给路线及生成刀具运动轨迹。

1.2 控制轴和加工坐标系

进行数控加工首先要了解控制轴和加工坐标系的相关知识,下面加以简单介绍。

由数控系统控制的机床运动轴称为控制轴，如图 1-2 所示。数控机床通过各个移动件的运动产生刀具与工件之间的相对运动来实现切削加工。为表示各移动件的移动方位和方向（机床坐标轴），在 ISO 标准中统一规定采用右手笛卡尔坐标系对机床的坐标系进行命名，直线轴用 X 、 Y 、 Z 表示，旋转轴用 A 、 B 、 C ，分别表示绕 X 、 Y 、 Z 的旋转轴。

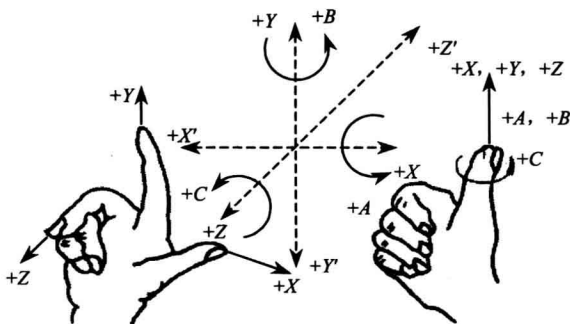


图 1-2 数控系统的控制轴

确定机床坐标轴，一般是先确定 Z 轴，再确定 X 轴和 Y 轴。

(1) 确定 Z 轴 对于有主轴的机床，如车床、铣床等，则以机床主轴轴线方向作为 Z 轴方向。对于没有主轴的机床，如刨床，则以与装夹工件的工作台相垂直的直线作为 Z 轴方向。如果机床有几个主轴，则选择其中一个与机床工作台面相垂直的主轴作为主要主轴，并以它来确定 Z 轴方向。

(2) 确定 X 轴 X 轴一般位于与工件安装面相平行的水平面内。对于机床主轴带动工件旋转的机床，如车床、磨床等，则在水平面内选定垂直于工件旋转轴线的方向为 X 轴，且刀具远离主轴轴线方向为 X 轴的正方向。对于机床主轴带动刀具旋转的机床，当主轴是水平的，如卧式铣床、卧式镗床等，则规定人面对主轴，选定主轴左侧方向为 X 轴正方向。当主轴是竖直时，如立式铣床、立式钻床等，则规定人面对主轴，选定主轴右侧方向为 X 轴正方向。对于无主轴的机床，如刨床，则选定切削方向为 X 轴正方向。

(3) 确定 Y 轴 Y 轴方向可以根据已选定的 Z 、 X 轴方向，按右手坐标系来确定。

1.3 数控铣削加工原理与工艺

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。

1.3.1 数控铣削加工原理

数控铣床的基本组成如图 1-3 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、伺服装置和数控系统等组成。

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。

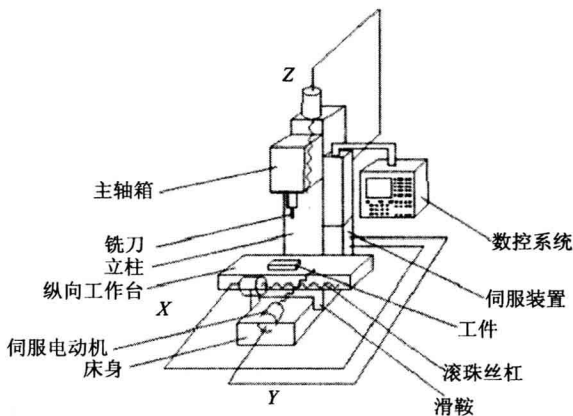


图 1-3 数控铣床的基本组成

(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订加工工艺，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

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。

1.3.2 数控铣削加工工艺制订

1. 零件数控加工工艺分析

加工工艺分析就是指对零件的加工顺序进行规划，其具体安排应该根据零件的结构、材料特性、夹紧定位、机床功能、加工部位的数量以及安装次数等进行灵活划分，一般可根据“粗、精加工”进行划分。

(1) 粗加工阶段 粗加工阶段是为了去除毛坯上大部分的余量，使毛坯在形状和尺寸上基本接近零件的成品状态，这个阶段最主要的问题是如何获得较高的生产率。

(2) 半精加工阶段 半精加工阶段是使零件的主要表面达到工艺规定的加工精度，并保留一定的精加工余量，为精加工做好准备。半精加工阶段一般安排在热处理之前进行，在这个阶段，可以将不影响零件使用性能和设计精度的零件次要表面加工完毕。

(3) 精加工阶段 精加工阶段的目的是保证加工零件达到设计图样所规定的尺寸精度、技术要求和表面质量要求。零件精加工的余量都很小，主要考虑的问题是如何达到最高的加工精度和表面质量。

2. 设置加工工艺参数

加工工艺参数的选择是数控加工关键因素之一，它直接影响到加工效率、刀具寿命或零件精度等问题。合理的选择切削用量要有丰富的实践经验才行，在数控编程时，只能凭借编程者的经验和刀具切削用量的推荐值初步确定，而最终的切削用量将根据数控程序的调试结果和实际加工情况来确定。

合理确定加工工艺参数的原则是：粗加工时，为了提高效率，在保证刀具、夹具和机床刚性足够的条件下，切削用量选择的顺序是：首先把切削深度选大一些，其次选择较大的进给量，然后选择适当的切削速度。精加工时，加工余量小，为了保证工件的表面粗糙度，尽可能增加切削速度，这时可适当减少进给量。

(1) 粗加工 粗加工是大体积切除工件材料，表面质量要求很低。工件表面粗糙度值 Ra 要达到 $12.5\sim 25\mu\text{m}$ ，可以取轴向切削深度为 $3\sim 6\text{mm}$ ，径向切削深度为 $2.5\sim 5\text{mm}$ ，为后续半精加工留 $1\sim 2\text{mm}$ 的加工余量。如果粗加工后直接精加工，则留 $0.5\sim 1\text{mm}$ 的加工余量。

(2) 半精加工 半精加工是把粗加工后的表面加工得光滑一点，同时切除凹角的残余材料，给精加工留厚度均匀的加工余量。半精加工后工件的表面粗糙度值 Ra 要达到 $3.2\sim 12.5\mu\text{m}$ ，轴向切削深度和径向切削深度可取 $1.5\sim 2\text{mm}$ ，给后续精加工留 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 的加工余量。

(3) 精加工 精加工是最后达到尺寸精度和表面粗糙度要求的加工。工件

的表面粗糙度值 Ra 要达 $0.8\sim 3.2\mu\text{m}$ ，轴向切削深度可取 $0.5\sim 1\text{mm}$ ，径向切削深度可取 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 。

3. 切削用量的确定

数控切削用量主要包括“切削速度”、“进给速度”和“切削深度”等。合理选择切削用量的原则是：粗加工时，一般以提高生产率为主，但也应考虑经济性和加工成本；半精加工和精加工时，应在保证加工质量的前提下，兼顾切削效率、经济性和加工成本。具体数值应根据机床说明书切削用量手册，并结合经验而定。

(1) 进给速度 进给速度表示单位时间内刀具沿进给方向移动的距离，以 v_f 表示。 v_f 应根据零件的加工精度和表面粗糙度要求以及刀具和工件材料来选择。 v_f 的增加也可以提高生产效率。加工表面粗糙度值要求低时， v_f 可选择得大些。在加工过程中， v_f 也可通过机床控制面板上的修调开关进行人工调整，但是最大进给速度要受到设备刚度和进给系统性能等的限制。通常根据主轴转速、刀具材料、切削毛坯材料等因素，选择较大的进给速度以提高加工效率，一般设定为 $300\sim 600\text{mm}/\text{min}$ 。

(2) 切削深度 切削时铣刀的端面和一个方向的侧面切入工件，端面切入工件的深度称为轴向切削深度，侧面切入工件的深度称为侧向切削深度。在机床、工件和刀具刚度允许的情况下，背吃刀量就等于加工余量，这是提高生产率的一个有效措施。但是为了保证零件的加工精度和表面粗糙度，一般应留一定的余量进行精加工。在数控加工中，为保证零件必要的加工精度和表面粗糙度，建议留少量的余量 ($0.2\sim 0.5\text{mm}$)，在最后的精加工中沿轮廓走一刀。粗加工时，除了留有必要的半精加工和精加工余量外，在工艺系统刚性允许的条件下，应以最少的次数完成粗加工。留给精加工的余量应大于零件的变形量和确保零件表面完整性。

(3) 切削速度 表示铣刀圆周切线的速度称为切削速度，通常用 v 表示，即

$$v = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中 v ——切削速度 (m/min)；

d ——刀具直径 (mm)；

n ——主轴转速 (r/min)。

提高切削速度也是提高生产率的一个措施，但切削速度与刀具寿命的关系比较密切。随着切削速度的增大，刀具寿命急剧下降，故切削速度的选择主要取决于刀具寿命。通常经验值高速钢 $\phi 3\sim \phi 16\text{mm}$ 的刀具，一般设置主轴转速为 $500\sim 1800\text{r}/\text{min}$ ，硬质合金刀具为 $1500\sim 3000\text{r}/\text{min}$ (高速加工除外)。

1.4 数控车削加工原理与工艺

数控车削是数控加工中用得最多的加工方法之一，由于数控车床具有加工精度高，能做直线和圆弧插补以及在加工过程中能自动变速的特点，因此凡是能在数控车床上装夹的回转体零件都能在数控车床上加工。

1.4.1 数控车削加工原理

数控车床主要由五部分组成，如图 1-4 所示。

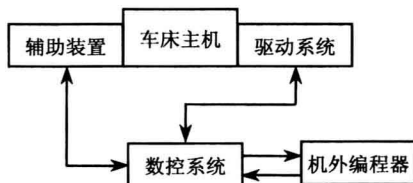


图 1-4 数控车床的组成

(1) 车床主机 即数控车床的机械部分，主要包括床身、主轴箱、刀架、尾座、进给传动机构等。

(2) 数控系统 即控制系统，是数控车床的控制核心，其中包括 CPU、存储器、CRT 等部分。

(3) 驱动系统 即伺服系统，是数控车床切削工作的动力部分，主要实现主运动和进给运动。

(4) 辅助装置 是为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，冷却、照明、润滑、防护和排屑装置。

(5) 机外编程器 是在普通的计算机上安装一套编程软件，使用这套编程软件以及相应的后置处理软件就可以生成加工程序。通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质，把生成的加工软件输入到车床的控制系统中，完成零件的加工。

普通车床与数控车床相比，其结构基本相同。但是，在普通车床中，主运动和进给运动的动力都来源于同一台电动机，它的运动是由电动机经过主轴箱变速，传动至主轴，实现主轴的转动，同时经过交换齿轮架、进给箱、光杠或丝杠、溜板箱传动到刀架，实现刀架的纵向进给移动和横向进给移动。主轴转动与刀架移动的同步关系依靠齿轮传动链来保证。而数控车床则与之完全不同，其主运动和进给运动是由不同的电动机来驱动的，即主运动由主轴电动机驱动，主轴采用变频无级调速的方式进行变速，驱动系统采用伺服电动机驱动，经过滚珠丝杠传送到机床滑板和刀架，以连续控制的方式，实现刀具的纵向进给运动（Z 向）和