

400分钟多媒体视频教学(训练实例、课后练习)
完备的实例源文件(训练实例、课后练习)

互动答疑QQ号: 155105890



从学习到实践

UG NX 6

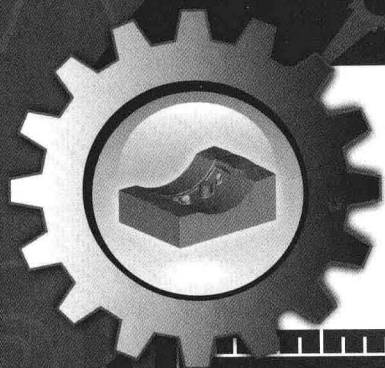
数控加工

查韬 田伟 贾东永 编著

- 起点低，上手快，循序渐进，逐步提高
- 基础+实例+提高练习，边学边练，学以致用
- 典型的工厂应用案例，练就专业的技术水准
- 完备的实例源文件和教学视频，学习更轻松
- QQ在线互动答疑，快速解决学习中的疑问



清华大学出版社



从学习到实践

UG NX 6

数控加工

宣韬 田伟 贾东永 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 UG NX 6 中文版为例, 结合设计工程实例, 图文并茂地介绍了 UG NX CAM 的各种数控加工功能和一般方法。书中详细介绍了 UG NX CAM 铣削、车削、线切割加工等各种加工模块的功能和实际应用技巧。本书特别注重内容的实用性, 不仅详细介绍了 NX 6 CAM 系统常用的操作功能, 并且针对每个应用模块给出了典型的操作实例, 力求使读者熟悉和掌握 NX 6 CAM 的各种功能操作。另外, 本书每章后都附有操作练习题, 目的是培养读者的动手能力, 使读者在实际练习的过程中能快速提高应用水平。

本书面向具备机械制造理论基础知识和 CAD 基本技能的高校学生, 特别是职业院校数控专业和 CAD/CAM 一体化的学生、UG CAM 培训班的学员以及企事业单位的相关专业技术人员。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

从学习到实践——UG NX 6 数控加工/查韬, 田伟, 贾东永 编著. —北京: 清华大学出版社, 2009.6

ISBN 978-7-302-19839-0

I. 从… II. ①查… ②田… ③贾… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, UG NX 6 IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 047410 号

责任编辑: 刘金喜 鲍 芳

封面设计: 久久度文化

版式设计: 康 博

责任校对: 胡雁翎

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 三河市春园印刷有限公司

装 订 者: 三河市金元印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 31.5 插 页: 2 字 数: 767 千字

附 DVD 光盘 1 张

版 次: 2009 年 6 月第 1 版 印 次: 2009 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 52.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 026032-01

前言

Preface

Unigraphics(简称 UG)是目前市场上功能最为齐全的产品设计工具之一,以其强大的功能、先进的技术闻名于 CAD/CAM/CAE 领域,在航天、航空、汽车、机械等制造领域有着非常广泛的应用。2002 年,该公司推出软件版本 UG NX 系列,UG NX 6 是当前最新版的 UG 系列软件。

UG NX CAM 的数控加工功能非常强大,其更是以功能丰富、高效率、高可靠性而著称,从 2.5 轴/3 轴、高速加工、多轴加工,UG NX CAM 均提供了 CNC 铣削所需要的完整解决方案,并长期在 CAM 领域处于领先地位。目前,UG 在国内的普及速度很快,广泛地应用于汽车行业、航天航空领域、日用消费品和电子产品行业、通用机械行业,成为越来越多公司的首选 CAM 软件之一。本书通过多个实例,详细介绍了利用 UG NX CAM 模块进行数控加工的一般方法。

本书内容一共分为 13 章,编写时采用先讲解各个应用模块的操作功能,再根据具体实例讲述各种加工应用的思路。

第 1 章简单介绍数控加工的基础知识,包括数控加工坐标系、数控加工编程基础和数控加工工艺分析及规划等。

第 2 章介绍 UG CAM 基础操作,包括加工环境的设置、操作的创建和加工参数的相关设置等。

第 3 章介绍平面铣,包括平面铣操作的创建步骤、平面铣操作的几何体定义和平面铣参数的设置等。

第 4 章讲述型腔铣,包括型腔铣操作的加工几何体、型腔铣操作的切削深度和型腔铣操作的切削参数等。

第 5 章介绍点位加工和基于特征的加工,包括点位加工几何体的定义、点位加工刀具的创建、点位加工刀轨的优化和基于特征加工的操作步骤等。

第 6 章介绍了插铣操作,包括创建插铣操作的一般步骤、插铣操作的切削参数和插铣操作的插铣层等。



第 7 章介绍了固定轴和可变轴曲面轮廓铣, 包括固定轴和可变轴曲面轮廓铣创建的一般步骤、常用驱动方法、切削参数的设置、投影矢量和刀轴等。

第 8 章介绍了顺序加工, 包括顺序加工概述、进刀运动、连续加工运动、退刀运动、点到点运动的参数设置。

第 9 章介绍了车削加工, 包括粗车加工、精车加工、车槽加工、中心孔加工、螺纹加工等。

第 10 章讲述了线切割加工, 包括线切割加工几何体、线切割加工的操作步骤和线切割加工参数设置等。

第 11 章介绍了综合仿真与检查方法, 包括调用系统机床进行综合仿真和调用自定义机床进行综合仿真。

第 12 介绍了后处理技术, 包括后处理的概述、各种后处理方式和后处理构造器。

第 13 章详细讲解了两个综合加工实例。

本书内容丰富、结构清晰、语言简练, 实例典型, 有很强的针对性。书中各章不仅详细介绍了实例的具体操作步骤, 而且还配有一定数量的练习题供读者学习使用。读者只需按照书中介绍的步骤一步一步地实际操作, 就能完全掌握本书的内容。

为了帮助读者更加直观地学习本书, 我们将书中实例和练习题所涉及的全部操作文件都收录到本书的配套光盘中。主要内容包括两大部分, 即 **sample** 文件夹和 **video** 文件夹。前者包含所有的 UG 源文件和结果文件, 其内容是按照书中的章节来组织的, 建议读者在按照书进行练习时, 先将 **sample** 文件夹复制到硬盘中; 后者收录了书中所有实例和练习题的操作录像文件, 它们的名称和 **sample** 文件夹中相应名称的命名方式是一致的, 读者可以对应起来进行学习。录像文件是 ***.avi** 格式的, 可以使用 **Windows Media Player** 播放器进行播放。

本书既可以作为数控加工的培训教材, 也可以作为数控加工技术人员的参考书。

本书由查韬、田伟、贾东永编著, 参加本书编写工作的还有张凌云、苏许文、樊海龙、万海军、刘海珊、李楠、张小娟、张敏、李春浩、李想、张茜、朱丽云、马淑娟、周毅、张弓、张乐、李大勇、朱婷婷等, 在此编者对以上人员致以诚挚的谢意!

作者力图使本书的知识性和实用性相得益彰, 但由于水平有限加上编写时间仓促, 书中错误和纰漏之处在所难免, 恳请广大读者、同仁批评指正。

编 者

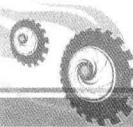
2009 年 2 月

目 录

Contents

第 1 章 数控加工基础知识	1
1.1 数控加工概述	2
1.1.1 数控加工的特点及应用	2
1.1.2 CAM 系统简介	2
1.2 数控机床概述	3
1.2.1 数控机床简介	3
1.2.2 数控机床的分类	4
1.2.3 数控机床的适用范围	5
1.2.4 数控机床的发展趋势	5
1.3 数控加工的基础知识	7
1.3.1 数控加工术语	7
1.3.2 数控加工坐标系	8
1.4 数控加工的工艺知识	11
1.4.1 数控加工工艺特点	11
1.4.2 数控加工工艺的分析与规划	12
1.5 数控加工编程基础	13
1.5.1 数控加工编程概述	13
1.5.2 数控加工编程的一般 操作流程	13
1.5.3 数控程序的结构及格式	14
1.5.4 常用的数控指令	15
1.6 常用的 CAD/CAM 软件简介	18
1.7 本章小结	19
1.8 本章习题	20

第 2 章 UG NX 6 数控基础知识	21
2.1 UG NX 6 数控模块概述	22
2.1.1 UG NX 6 数控模块的 功能及特点	22
2.1.2 UG NX 6 CAM 的加工 类型及应用领域	22
2.1.3 UG NX 6 CAD 与 NX 6 CAM 的关系	24
2.1.4 UG NX 6 CAM 生成程序的 一般步骤	25
2.2 UG NX 6 的加工环境	25
2.2.1 加工环境的初始化	25
2.2.2 用户界面	26
2.3 操作导航器	29
2.3.1 操作导航器概述	29
2.3.2 操作导航器的符号与 参数继承关系	30
2.3.3 操作导航器视图	31
2.4 创建加工程序组	33
2.4.1 程序组的创建方法	33
2.4.2 训练实例——创建程序组	34
2.5 创建加工几何体组	35
2.5.1 加工几何体概述	35
2.5.2 加工几何体的创建步骤	37



2.5.3	训练实例——创建加工几何体组	41	3.4.1	切削模式	85
2.6	创建刀具组	43	3.4.2	步进距离	88
2.6.1	刀具的创建与分类	43	3.4.3	切削层	91
2.6.2	刀具参数的设置	45	3.4.4	切削参数	94
2.6.3	训练实例——创建刀具组	46	3.4.5	非切削移动参数	102
2.7	创建加工方法	48	3.4.6	进给和速率	111
2.7.1	创建加工方法的步骤	48	3.4.7	机床控制	114
2.7.2	加工方法的参数设置	49	3.5	面铣削加工	115
2.8	创建加工操作	50	3.5.1	面铣削加工概述	116
2.8.1	“创建操作”对话框	50	3.5.2	面铣加工几何体	117
2.8.2	创建加工操作的一般步骤	51	3.5.3	面铣操作参数设置	119
2.8.3	训练实例——创建加工操作	52	3.5.4	面铣加工操作实例	124
2.9	刀轨的管理	53	3.6	平面铣综合实例	130
2.9.1	刀轨的生成与重放	53	3.7	本章小结	139
2.9.2	可视化刀轨检验	55	3.8	本章练习	140
2.9.3	刀具路径的列示	59	第4章	型腔铣加工	143
2.10	NX 6 CAM 快速入门实例	60	4.1	基础知识	144
2.11	本章小结	69	4.1.1	型腔铣的特点和应用场合	144
2.12	本章练习	69	4.1.2	型腔铣和平面铣的区别	144
第3章	平面铣加工	73	4.2	型腔铣操作的创建	145
3.1	基础知识	74	4.2.1	创建型腔铣操作的一般步骤	145
3.2	平面铣操作的创建	74	4.2.2	型腔铣加工子类型	147
3.2.1	创建平面铣操作的一般步骤	74	4.3	型腔铣加工几何体的创建	147
3.2.2	平面铣加工子类型	76	4.3.1	部件几何体	148
3.3	平面加工几何体的创建	77	4.3.2	毛坯几何体与检查几何体	149
3.3.1	平面铣加工几何体类型	77	4.3.3	切削区域	150
3.3.2	面模式创建边界	78	4.3.4	修剪边界	150
3.3.3	曲线/边模式创建边界	80	4.4	型腔刀轨设置	151
3.3.4	点模式创建边界	82	4.4.1	切削模式	151
3.3.5	边界方式创建边界	83	4.4.2	切削层	151
3.3.6	边界的编辑	83	4.4.3	切削参数	153
3.4	平面铣刀轨参数的设置	84	4.5	等高轮廓铣	157
			4.5.1	等高轮廓铣加工概述	157
			4.5.2	创建等高轮廓铣加工	158

4.5.3 加工几何体	158	6.1.2 插铣加工的应用	218
4.5.4 等高轮廓铣刀轨		6.2 插铣加工的创建	218
参数的设置	158	6.3 插铣刀轨参数设置	220
4.5.5 等高轮廓铣加工实例	163	6.3.1 切削参数	220
4.6 型腔铣加工操作实例	166	6.3.2 控制点	222
4.7 本章小结	177	6.3.3 插铣层	222
4.8 本章练习	177	6.4 插铣加工综合实例	223
第5章 点位加工与基于特征的加工	179	6.5 本章小结	228
5.1 基础知识	180	6.6 本章练习	228
5.1.1 点位加工的原理	180	第7章 固定和可变轴曲面轮廓铣	231
5.1.2 点位加工的特点及应用	180	7.1 固定和可变轴曲面	
5.2 点位加工的创建	181	轮廓铣概述	232
5.2.1 创建点位加工的一般步骤	181	7.2 固定和可变轴轮廓铣	
5.2.2 点位加工子类型	182	操作的创建	232
5.3 点位加工几何体	183	7.2.1 创建固定轴和可变轴轮	
5.3.1 指定加工位置	183	曲面廓铣的一般步骤	233
5.3.2 部件表面	189	7.2.2 固定和可变轴轮廓	
5.3.3 加工底面	190	加工子类型	235
5.4 循环类型的选择	191	7.3 固定和可变轴曲面轮廓铣	
5.4.1 循环类型	191	加工几何体	236
5.4.2 循环参数组	193	7.4 固定和可变轴曲面轮廓铣常用	
5.5 点位加工一般参数设置	197	的驱动方式	236
5.5.1 最小安全距离	197	7.4.1 曲线/点驱动	237
5.5.2 孔深度偏置量	197	7.4.2 螺旋驱动	239
5.6 点位加工综合实例	198	7.4.3 边界驱动	241
5.7 基于特征的点位加工	207	7.4.4 区域铣削驱动	248
5.7.1 基于特征加工的概述	207	7.4.5 表面积驱动	251
5.7.2 加工特征导航器	208	7.4.6 刀轨驱动	256
5.8 基于特征加工综合实例	210	7.4.7 径向驱动	258
5.9 本章小结	214	7.4.8 清根驱动	260
5.10 本章练习	215	7.4.9 文本驱动	264
第6章 插铣加工	217	7.5 投影矢量和刀轴	265
6.1 基础知识	218	7.5.1 投影矢量	265
6.1.1 插铣加工概述	218	7.5.2 刀轴	268



7.6	固定和可变轴曲面轮廓铣刀轨设置	271	9.3.1	车削加工坐标系	330
7.6.1	切削参数	271	9.3.2	工件	331
7.6.2	非切削参数	277	9.3.3	车削工件	331
7.7	固定轴曲面轮廓铣实例	283	9.3.4	车削零件	333
7.8	可变轴曲面轮廓铣实例	289	9.3.5	切削区域约束	334
7.9	本章小结	294	9.3.6	避让几何	335
7.10	本章练习	294	9.4	车削加工刀具	337
第8章	顺序铣	297	9.5	粗车加工操作	343
8.1	顺序铣概述	298	9.5.1	切削策略	344
8.2	顺序铣加工的创建	298	9.5.2	粗车加工参数设置	347
8.3	顺序铣加工几何体	299	9.5.3	切削参数	352
8.3.1	控制面	300	9.5.4	训练实例——粗车加工	358
8.3.2	参考点	300	9.6	精车加工操作实例	363
8.4	顺序铣的一般参数	300	9.7	中心孔加工操作	366
8.5	进刀运动	302	9.7.1	中心孔加工参数设置	367
8.5.1	进刀运动一般参数	302	9.7.2	训练实例——中心孔加工	370
8.5.2	进刀几何体	305	9.8	车槽加工操作	372
8.5.3	刀轴	307	9.8.1	车槽加工参数设置	373
8.6	连续加工运动	310	9.8.2	训练实例——车槽加工	374
8.7	退刀运动	313	9.9	螺纹加工操作	377
8.8	点到点的运动	314	9.9.1	螺纹加工的参数设置	378
8.9	其他选项	315	9.9.2	训练实例——螺纹加工	383
8.10	顺序铣加工实例	316	9.10	内表面的镗加工实例	386
8.11	本章小结	323	9.11	本章小结	389
8.12	本章练习	323	9.12	本章练习	389
第9章	车削加工	325	第10章	线切割加工	391
9.1	基础知识	326	10.1	基础知识	392
9.1.1	车削加工概述	326	10.2	创建线切割加工	392
9.1.2	车削加工的应用	326	10.2.1	创建线切割的一般步骤	392
9.2	车削加工的创建	327	10.2.2	线切割的加工类型	394
9.2.1	创建车削加工的一般步骤	327	10.3	线切割加工几何体	396
9.2.2	车削加工子类型	329	10.4	线切割加工参数设置	399
9.3	车削加工几何体	330	10.5	线切割加工实例	406

10.6 本章小结	411	12.3 UG 后置处理器(UG/Post)	442
10.7 本章练习	412	12.3.1 UG/Post 概述	442
第 11 章 综合仿真与检查	413	12.3.2 UG/Post 进行后置处理	443
11.1 综合仿真与检查概述	414	12.3.3 UG/Post 后置处理实例	445
11.2 综合仿真与检查的 系统实现	415	12.4 后处理构造器 (NX/Post Builder)	446
11.2.1 综合仿真与检查的 处理过程	415	12.4.1 后处理构造器 NX/Post Builder 简介	446
11.2.2 综合仿真与检查 的步骤	415	12.4.2 NX/Post Builder 参数设置	449
11.3 调用机床进行综合仿真 与检查	416	12.5 本章小结	453
11.3.1 机床导航器	416	12.6 本章习题	453
11.3.2 训练实例——综合仿真 与检查实例	417	第 13 章 数控综合加工实例	455
11.4 自定义机床的运动模型	421	13.1 某凹模零件的加工	456
11.4.1 创建自定义机床的 运动模型	421	13.1.1 模型分析	456
11.4.2 使用自定义的 机床进行 ISV 仿真	428	13.1.2 工艺规划	456
11.5 本章小结	429	13.1.3 创建各工序操作	457
11.6 本章习题	429	13.2 模具零件的加工	472
第 12 章 后处理	431	13.2.1 模型分析	473
12.1 后处理的基础知识	432	13.2.2 工艺规划	473
12.2 图形后置处理器(GPM)	433	13.2.3 创建各工序操作	474
12.2.1 机床数据文件生成器 (MDFG)	433	13.3 本章小结	492
12.2.2 刀具位置源文件	435	13.4 本章练习	492
12.2.3 图形后置处理的设置	437		
12.2.4 图形后置处理实例	439		

第1章 数控加工基础知识



本章导读

数控加工是指用记录在媒体上的数字信息对数控机床进行控制，使它自动地执行规定的加工任务。与普通机床加工相比，数控加工具有许多优势。对于刚刚接触数控加工的读者来说，只有掌握了数控加工的这些基本知识，才有可能加工出合格的产品，这是学习UG NX 数控加工的第一步。



重点和难点

- 数控加工坐标系
- 数控加工工艺特点
- 数控加工工艺分析及规划
- 数控加工编程基础

1.1 数控加工概述

数控,即数字控制(Numerical Control, NC)。数控技术是指用数字信号(数字量及字符)形成的控制程序对一台或多台机械设备进行控制的自动控制技术。数控加工是一种现代化的加工手段,它采用数控技术进行零件加工,目前,已成为一个国家制造业发展的标志。

1.1.1 数控加工的特点及应用

传统工业机械加工都是工人用手工操作机床,而现代工业机械加工已经采用数控加工了,那么什么是数控加工呢?数控加工指采用数控机床加工零件的方法,即在对工件材料进行加工之前,事先在计算机上编写好程序,再将这些程序输入到利用计算机控制的加工机床里进行加工,或者直接在利用计算机控制的数控机床的面板上输入指令来操作机床加工。加工的过程(包括走刀、换刀、变速、变向、停车等)都是数控机床自动完成的。

数控加工作为先进的加工技术具有如下特点。

- 提高生产效率,缩短生产的准备时间。
- 提高零件的加工精度,稳定零件的质量。
- 有很大的灵活性和广泛的适应性,通过改变程序,就可以加工新的零件,能够完成很多普通机床很难完成的复杂型面零件的加工。
- 可以预先对产品进行成本计算和安排生产进度,以加速资金周转,提高经济效益。
- 不需要专用夹具,采用普通的夹具就能满足数控加工的要求,节省了费用,大大减轻了工人的劳动强度。
- 然而,有一点却不能被忽视,数控加工的初始投资和技术维修费用较高,要求管理及操作人员的素质也较高。

1.1.2 CAM 系统简介

CAM(Computer Aided Manufacturing),即计算机辅助制造,是指在机械制造业中,利用计算机通过各种数值控制机床和设备,自动完成离散产品的加工、装配、检测和包装等制造过程。

一个典型的 CAM 系统由两部分组成:计算机辅助编程系统和数控加工设备,如图 1-1 所示。

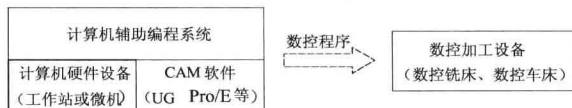


图 1-1 CAM 系统构成

CAM 系统的核心就是在单台设备上实现计算机数字控制自动作业的过程。它有三大步骤：实时数据采集、实时决策和实时控制。计算机辅助编程系统的任务就是根据工件的几何信息计算出数控加工的轨迹，并编制出数控程序，实现实时控制。计算机辅助编程系统由计算机硬件(一般是工作站和微机)和计算机辅助控制编程软件(即 CAM 软件，如 UG、Pro/E 等)组成。

CAM 系统的前提就是数控加工设备，如数控车床、数控铣床、数控线切割机和数控加工中心等。数控加工设备的主要任务就是接收数控程序，并按照程序的要求完成相应的动作。

1.2 数控机床概述

数控机床是数控加工的主要设备，下面对数控机床进行简单介绍。

1.2.1 数控机床简介

数控机床是数字控制机床的简称，是一种装有程序控制系统的自动化机床。该控制系统能逻辑地处理具有控制编码或其他符号指令规定的程序，并将其译码，从而控制机床加工零件。

数控机床一般由下面几个部分组成，如图 1-2 所示。

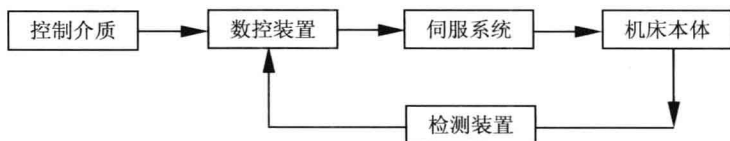


图 1-2 数控机床的构成

- 机床本体：它是数控机床的主体，用于完成各种切削加工的机械部分。
- 控制介质：它以指令的形式记载各种加工信息，并将之输入到控制装置，控制数控机床对零件的切削加工。
- 数控装置：它是数控机床的核心，用于输入数字化的零件程序，并将之存储、变换、插补运算以实现各种控制功能。
- 伺服系统：它是数控机床的执行系统，用于控制机床运动部件按加工程序指令运动。
- 检测装置：它由检测元件和相应的电路组成，用于检测机床工作台和主轴移动的位移量、移动速度等参数，通过模拟转换变成数字信号，反馈到数控装置中，数控装置根据反馈回来的信息进行判断并发出相应的指令，纠正所产生的误差。



1.2.2 数控机床的分类

数控机床的分类有多种方式:

1. 按加工工艺方法分类

按照加工零件的工艺方法不同,数控机床可分为金属切削类数控机床、特种加工类数控机床和板材加工类数控机床等。

- 金属切削类数控机床:与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。
- 特种加工类数控机床:除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。
- 板材加工类数控机床:常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。

近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

2. 按控制运动轨迹分类

按照能够控制的刀具与工件间相对运动的轨迹,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、轮廓控制数控机床等。

- 点位控制数控机床:点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。可以几个坐标同时向目标点运动,也可以各个坐标单独依次运动。这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。
- 点位直线控制数控机床:在点位控制的基础上,还要保证运动在一条直线,而且刀具在运动过程中还要进行切削加工。
- 轮廓控制数控机床:常用的数控车床、数控铣床、数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。

3. 按伺服系统的控制方式分类

按照对被控制量有无检测反馈装置,可以将数控机床分为开环控制、闭环控制、半闭环控制和混合控制4种。



- 开环控制数控机床：开环控制系统仅适用于加工精度要求不很高的中小型数控机床，特别是简易经济型数控机床。
- 闭环控制数控机床：这类控制的数控机床，因为把机床工作台纳入了控制环节，故称为闭环控制数控机床。闭环控制数控机床的定位精度高，但调试和维修都较困难，系统复杂，成本高。
- 半闭环控制数控机床：半闭环控制数控系统的调试比较方便，并且具有很好的稳定性。目前大多将角度检测装置和伺服电动机设计成一体，这样就使结构更加紧凑。
- 混合控制数控机床：将以上三类数控机床的特点结合起来，就形成了混合控制数控机床。混合控制数控机床特别适用于大型或重型数控机床。

4. 按联动坐标轴数分类

按照联动坐标轴的个数，数控机床可分为二坐标数控机床、三坐标数控机床、多坐标轴联动数控机床(譬如四轴联动数控机床、五轴联动数控机床)。

- 二坐标数控机床：此类机床只能完成 x 、 y 轴的联动，完成平面轮廓加工。
- 三坐标数控机床：此类机床可完成复杂形面的加工，数控铣床中以三坐标数控铣床最为常见。
- 多坐标轴联动数控机床：多坐标轴联动数控机床主要指某些高性能的加工中心。这类数控机床的数控系统除了可以控制 x 、 y 、 z 三个坐标轴的同时运动以外，还可以同时控制其他坐标轴的运动，从而完成更复杂的空间型面的加工。

1.2.3 数控机床的适用范围

数控机床是一种技术含量高，成本高，使用维护要求高的加工设备。与传统的机床相比，数控机床更适用于加工以下零件。

- 多品种小批量零件或试制的零件。
- 结构或轮廓形状复杂、精度要求较高的零件。
- 需要频繁改型的零件。
- 用普通机床加工时，需要有昂贵的工艺装备(工具、夹具和模具)的零件。
- 价格昂贵、不允许报废的关键零件。
- 集铣、钻、镗、扩、铰、攻螺纹等多种工序于一体的箱体零件表面。
- 需要最小生产周期的急需零件。

1.2.4 数控机床的发展趋势

随着微电子、计算机和控制技术的进步，数控机床主要朝着以下几个方面发展。



1. 高精度化

机床的加工精度以及其可重复性和可信赖度高,性能长期稳定,能够在不同运行条件下“保证”零件的加工质量。从精密加工发展到超精密加工(特高精度加工),是世界各工业强国致力发展的方向。其精度从微米级到亚微米级,乃至纳米级($<10\text{nm}$),其应用范围日趋广泛。随着高新技术的发展和对机电产品性能与质量要求的提高,机床用户对机床加工精度的要求也越来越高。为了满足用户的需要,近十多年来,普通级数控机床的加工精度已由 $\pm 10\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 5\mu\text{m}$,精密级加工中心的加工精度则从 $\pm 3\sim 5\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 1\sim 1.5\mu\text{m}$ 。

2. 高速度化

随着汽车、航空航天工业的发展,铝合金及其他新材料的应用日益广泛,对高速加工的需求越来越强劲。实现该目标的关键是提高切削速度、进给速度和减少辅助时间。

3. 高效率与复合化

在一台机床上尽可能加工完毕一个零件的所有工序,同时又保持机床的通用性,能够迅速适应加工对象的改变。

4. 高柔性自动化

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是:从点(数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线(柔性制造单元 FMC、柔性制造系统 FMS、柔性自动线 FTL、柔性制造线 FML)向面(工段车间独立制造岛)、体(计算机集成制造系统 CIMS、分布式网络集成制造系统)的方向发展,另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。

5. 高智能化

加工设备不仅提供“体力”,也有“头脑”,能够在线监测工况、独立自主地管理自己,并与企业的生产管理系统通信。智能化的内容表现在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如自适应控制,工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作等方面。

6. 模块化、专门化与个性化

为了适应数控机床多品种、小批量的特点,数控机床结构向模块化发展,数控功能向专门化发展。个性化也是近几年来特别明显的发展趋势。

7. 美观化、人性化

近来机床制造商更加注重数控机床的人性化设计,数控机床造型越来越美观、色调越

来越协调柔和、操作也更加方便。

1.3 数控加工的基础知识

1.3.1 数控加工术语

数控加工的专业性很强，术语比较多，掌握好数控加工的专业术语，对于学好 UG 数控加工非常必要。

1. 数控程序

数控编程是把零件的工艺过程、工艺参数、机床的运动以及刀具位移量等信息用数控语言记录在程序单上，并经校核的全过程。为了与数控系统的内部程序及自动编程用的零件源程序相区别，把从外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序，简称为数控程序。

2. 插补、直线插补、圆弧插补

- 插补：大多数机器零件的轮廓形状由一些简单的几何元素(直线、圆弧等)构成。并且一般情况下我们仅仅知道构成零件轮廓的几何元素的起点和终点坐标等参数，这在数控机床上加工符合要求的零件轮廓是不够的，还需要根据有关的信息指令进行“数据密化”的工作，即根据给定的信息，在轮廓起点和终点之间计算出若干个中间点的坐标值。
- 直线插补：一种插补方式，在此方式中，两点间的插补沿着直线的点群逼近，沿此直线控制刀具的运动。
- 圆弧插补：一种插补方式，在此方式中，根据两端点间的插补数字信息，计算出逼近实际圆弧的点群，控制刀具沿这些点运动，加工出圆弧曲线。

3. 刀具补偿

数控机床的加工过程是通过控制刀具中心或刀架参考点来实现加工轨迹的，然而我们知道，实际参与切削的部位只是刀具的刀尖或刀刃边缘，它们与刀具中心或刀架参考点之间存在偏差。刀具补偿就是通过数控系统计算偏差，将控制对象由刀具中心或刀架参考点变换到刀尖或刀刃边缘上，这样可以大大减少数控编程的工作量，提高数控程序的利用率。刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。

4. 固定原点和浮动原点

固定原点又称机床原点，它是数控机床的一个固定参考点。如 CK630 数控车床的固定原点的位置是 $X=200\text{mm}$ ， $Z=400\text{mm}$ 。