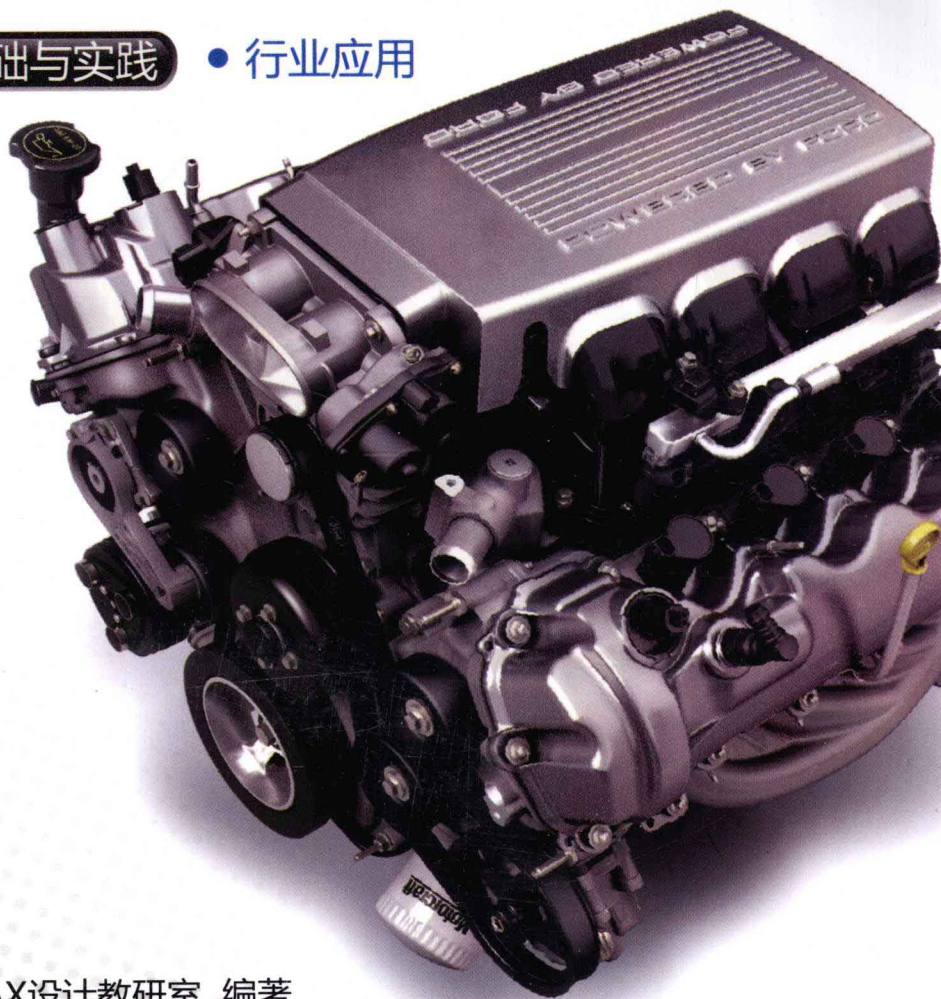


CAD/CAM/CAE基础与实践 • 行业应用



云杰漫步多媒体科技CAX设计教研室 编著

UG NX 6.0 中文版

数控加工



CD-ROM

◆ 多媒体教学系统 ◆ 范例文件



清华大学出版社

CAD/CAM/CAE 基础与实践

UG NX 6.0 中文版数控加工

云杰漫步多媒体科技 CAX 设计教研室 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

UG 是目前数控加工中被广泛使用的软件之一,其 UG NX 6.0 中文版设有 CAM 模块,专门用于完成数控加工和编程工作。为了使读者能够在最短的时间内掌握 UG NX 6.0 CAM 的应用技术,笔者根据多年使用 UG 的经验,编写了这本教程。本书针对 UG NX 6.0 CAM 的特点,对书中的内容按照由简单到复杂的过程进行编排。全书共分为 12 章,不仅在每章结合综合实例全面和深入地讲解 CAM 功能,而且在最后一章还介绍了一个大型综合范例的制作方法。另外,本书还配备了交互式多媒体教学光盘,将案例制作过程制作作为多媒体语音视频进行讲解,讲解形式活泼,方便实用,便于读者学习使用。

本书结构严谨、内容翔实,范例实用性强、专业性强,多媒体教学光盘实用,主要面向使用 UG NX 6.0 中文版进行数控加工的广大用户,可以作为 UG NX 6.0 CAM 的指导用书,同时也适合作为工科院校 UG CAM 的教材和参考书。

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

UG NX 6.0 中文版数控加工/云杰漫步多媒体科技 CAX 设计教研室编著. —北京:清华大学出版社,2009.11
(CAD/CAM/CAE 基础与实践)
ISBN 978-7-302-21139-6

I. U II. 云… III. 数控机床—加工—计算机辅助设计—应用软件, UG NX 6.0 IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 175768 号

责任编辑:张彦青 杨作梅

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:杨 艳

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:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市漂源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:190×260 印 张:27.25 字 数:658 千字

附光盘 1 张

版 次:2009 年 11 月第 1 版

印 次:2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:45.00 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:033205-01

前 言

随着我国制造业的发展,并逐步成为世界制造中心,越来越多的企业开始运用数控加工来增强竞争力,这样,对于数控编程和数控加工技术的人才和要求也就越来越迫切,因此掌握一个好的数控加工软件是非常必要的。UG 是美国著名的 3D 产品开发软件,由于其具有强大的功能,现已逐渐成为当今世界最为流行的 CAD/CAM/CAE 软件之一。目前 UG 的最新版本 UG NX 6.0 中的 CAM 功能更是有了进一步的改进,更加有利于用户在数控加工方面的使用,因此,UG CAM 已经成为数控加工的主力软件。

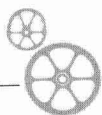
为了使用户尽快了解和掌握 UG NX 6.0 CAM 的各种功能和应用,真正把理论应用到实际的设计工作中,笔者编写了本书。本书针对 UG NX 6.0 的特点,以 UG NX 6.0 中文版软件作为演示平台,由浅入深地介绍了使用 UG NX 6.0 中文版软件进行数控加工的各种相关操作步骤和方法。全书共分为 12 章,主要包括以下内容:UG NX 6.0 数控加工基础知识,UG 数控加工基本操作,平面铣削加工,面铣削加工,型腔铣削加工,插铣削加工,等高曲面轮廓铣加工,固定轴曲面轮廓铣加工,点位加工,数控车削加工以及后处理和车间文档,并在最后一章给出了一个大型综合范例的制作方法,以此来说明 UG NX 6.0 CAM 的实际应用。

本书作者群长期从事 UG 专业设计和教学,对 UG 有很深入的了解,并积累了大量的实际工作经验。书中的每个范例都是作者独立设计的真实作品,每一章都提供了独立、完整的设计制作过程,每个操作步骤都有简洁的文字说明和精美的图例展示。此外,本书的范例安排本着“由浅入深,循序渐进”的原则,力求达到使读者“用得上,学得会,看得懂”的目的,并能够学以致用,举一反三,从而尽快掌握 UG NX 6.0 CAM 中的诀窍。

本书还配备了交互式多媒体教学光盘,将案例制作过程制作为多媒体进行讲解,讲解形式活泼,方便实用,便于读者学习使用。同时光盘中还提供了所有实例的源文件,按章节放置,以便读者练习使用。

另外,本书还提供了网络的免费技术支持,欢迎大家登录云杰漫步多媒体科技的网上技术论坛进行交流:<http://www.yunjiework.com/bbs>。该论坛分为多个专业的设计版块,其中有 CAX 设计教研室最新书籍的出版和培训信息;还可以为读者提供实时的软件技术支持,解答读者在使用本书及相关软件时遇到的问题;同时还提供了大量的资料下载,大家需要的东西都可以在这里找到,相信广大读者在论坛免费学习的知识一定会更多。

本书由云杰漫步多媒体科技 CAX 设计教研室策划编著,参加编写工作的有张云杰、尚蕾、王攀峰、刘宏、靳翔、刘亚鹏、雷明、张云静、郝利剑、杨晓晋、龚堰珏、薛宝华、郭鹰、李一凡、李伟、卢社海、王平、秦志峰、齐月静、张媛、孟春玲等,书中的设计范例和光盘效果



均由云杰漫步多媒体科技公司设计制作，同时感谢出版社的编辑和老师们的全力协助。

由于本书编写时间紧张，编写人员的水平有限，因此在编写过程中难免有不足之处，在此，编写人员对广大用户表示歉意，望广大用户不吝赐教，对书中的不足之处给予指正。

作 者

目 录

第1章 UG NX 6.0 数控加工基础知识 1

- 1.1 数控技术基础知识 2
 - 1.1.1 数控技术概述 2
 - 1.1.2 数控机床概述 2
 - 1.1.3 数控加工工艺 3
 - 1.1.4 数控加工编程介绍 16
- 1.2 UG NX 6.0 CAM 基础知识 23
 - 1.2.1 UG CAM 概述 23
 - 1.2.2 UG CAM 加工类型 24
 - 1.2.3 加工术语及定义 25
 - 1.2.4 UG CAM 的其他功能 26
 - 1.2.5 UG CAM 加工基本流程 27
- 1.3 UG NX 6.0 CAM 加工环境 29
 - 1.3.1 加工环境初始化 29
 - 1.3.2 工作界面简介 30
 - 1.3.3 菜单 30
 - 1.3.4 工具条 31
 - 1.3.5 操作导航器 32
- 1.4 本章小结 34

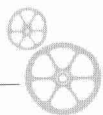
第2章 UG NX 6.0 数控加工基本操作 35

- 2.1 创建程序组 36
- 2.2 创建刀具组 36
 - 2.2.1 创建加工刀具组 36
 - 2.2.2 设置刀具形状参数 38
 - 2.2.3 夹持器参数 39
- 2.3 创建几何体 40
- 2.4 创建加工方法 41
 - 2.4.1 设置进给量 42
 - 2.4.2 设置颜色 43
 - 2.4.3 设置显示选项 44
 - 2.4.4 选择切削方式 44
- 2.5 创建操作 45
- 2.6 刀具轨迹 50

- 2.6.1 生成刀轨 50
- 2.6.2 编辑和删除刀轨 51
- 2.6.3 列出刀轨 51
- 2.7 后置处理和车间工艺文档 52
 - 2.7.1 后置处理 52
 - 2.7.2 车间文档 53
- 2.8 设计范例 54
 - 2.8.1 范例介绍 54
 - 2.8.2 范例操作 54
- 2.9 本章小结 77

第3章 平面铣削加工 79

- 3.1 概述 80
 - 3.1.1 平面铣削加工概述 80
 - 3.1.2 平面铣削操作的创建方法 80
- 3.2 加工几何体 83
 - 3.2.1 加工几何体的类型 83
 - 3.2.2 加工几何体的指定方法 85
- 3.3 切削模式 103
 - 3.3.1 跟随周边 103
 - 3.3.2 跟随部件 104
 - 3.3.3 配置文件 105
 - 3.3.4 标准驱动 106
 - 3.3.5 摆线 107
 - 3.3.6 单向 108
 - 3.3.7 往复 109
 - 3.3.8 单向轮廓 109
 - 3.3.9 切削模式的分类 110
- 3.4 参数设置 111
 - 3.4.1 刀轨设置 111
 - 3.4.2 机床控制 150
 - 3.4.3 选项 152
 - 3.4.4 操作 154
- 3.5 设计范例 155
 - 3.5.1 范例介绍 155



3.5.2 范例操作	155
3.6 本章小结	171
第4章 面铣削加工	173
4.1 概述	174
4.1.1 面铣削加工概述	174
4.1.2 面铣削操作的创建方法	174
4.2 加工几何体	176
4.2.1 几何体	177
4.2.2 部件几何	177
4.2.3 切削区域	178
4.2.4 壁几何体	179
4.2.5 检查体	180
4.2.6 检查边界	180
4.3 切削模式	184
4.3.1 单向	185
4.3.2 混合	185
4.4 参数设置	189
4.4.1 毛坯距离	189
4.4.2 每刀深度	190
4.4.3 最终底部面余量	190
4.4.4 切削参数	190
4.5 设计范例	193
4.5.1 范例介绍	193
4.5.2 范例制作	193
4.6 本章小结	197
第5章 型腔铣削加工	199
5.1 概述	200
5.1.1 型腔铣削加工概述	200
5.1.2 型腔铣削和平面铣削的 比较	200
5.2 创建操作	201
5.3 加工几何体	203
5.3.1 加工几何体的概述	203
5.3.2 指定部件几何	204
5.3.3 指定切削区域	207
5.4 参数设置	208
5.4.1 切削模式	209
5.4.2 切削层	209
5.5 设计范例	215
5.5.1 范例介绍	215
5.5.2 范例操作	215
5.6 本章小结	233
第6章 插铣削加工	235
6.1 概述	236
6.1.1 插铣削加工概述	236
6.1.2 插铣削加工的创建方法	236
6.2 插削层	238
6.2.1 插削层概述	238
6.2.2 【插削层】对话框	238
6.3 参数设置	240
6.3.1 切削模式	241
6.3.2 向前步长	243
6.3.3 最大切削宽度	243
6.3.4 点	243
6.3.5 传递方法	244
6.3.6 退刀	244
6.4 设计范例	245
6.4.1 范例介绍	245
6.4.2 范例操作	245
6.5 本章小结	258
第7章 等高曲面轮廓铣加工	259
7.1 概述	260
7.1.1 等高曲面轮廓铣加工概述	260
7.1.2 等高曲面轮廓铣加工的 创建方法	260
7.2 加工几何体	262
7.3 操作参数	262
7.3.1 陡峭空间范围	263
7.3.2 合并距离	263
7.3.3 切削参数	263
7.4 设计范例	265
7.4.1 范例介绍	265
7.4.2 范例操作	266
7.5 本章小结	278

第 8 章 固定轴曲面轮廓铣加工 279

- 8.1 概述 280
 - 8.1.1 固定轴曲面轮廓铣概述 280
 - 8.1.2 固定轴曲面轮廓铣操作的创建方法 280
- 8.2 加工几何 282
 - 8.2.1 加工几何体的类型 282
 - 8.2.2 指定部件几何 282
 - 8.2.3 指定检查几何 283
- 8.3 驱动方式 283
 - 8.3.1 边界驱动方式 284
 - 8.3.2 区域铣削驱动方式 290
 - 8.3.3 清根驱动方式 292
 - 8.3.4 文本驱动方式 296
 - 8.3.5 用户定义驱动方式 297
- 8.4 投影矢量 298
 - 8.4.1 指定矢量 298
 - 8.4.2 刀轴 298
 - 8.4.3 远离点 299
 - 8.4.4 朝向点 299
 - 8.4.5 远离直线 300
 - 8.4.6 朝向直线 300
 - 8.4.7 用户定义 300
- 8.5 设计范例 300
 - 8.5.1 范例介绍 301
 - 8.5.2 范例操作 301
- 8.6 本章小结 304

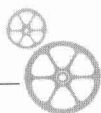
第 9 章 点位加工 305

- 9.1 概述 306
 - 9.1.1 点位加工概述 306
 - 9.1.2 点位加工的创建方法 306
- 9.2 加工几何体 308
 - 9.2.1 加工几何体的类型 308
 - 9.2.2 指定孔 309
 - 9.2.3 指定部件表面 317
 - 9.2.4 指定部件底面 318
- 9.3 循环类型 318
 - 9.3.1 无循环 318

- 9.3.2 啄钻 318
- 9.3.3 断屑 319
- 9.3.4 标准文本 319
- 9.3.5 标准钻 319
- 9.3.6 标准钻, 埋头孔 320
- 9.3.7 标准钻, 深度 320
- 9.3.8 标准钻, 断屑 320
- 9.3.9 标准攻丝 320
- 9.3.10 标准镗 321
- 9.3.11 标准镗, 快退 321
- 9.3.12 标准镗, 横向偏置后快退 321
- 9.3.13 标准背镗 321
- 9.3.14 标准镗, 手工退刀 322
- 9.4 切削参数 322
 - 9.4.1 最小安全距离 322
 - 9.4.2 通孔安全距离 323
 - 9.4.3 盲孔余量 323
- 9.5 设计范例 323
 - 9.5.1 范例介绍 323
 - 9.5.2 范例制作 324
- 9.6 本章小结 340

第 10 章 数控车削加工 341

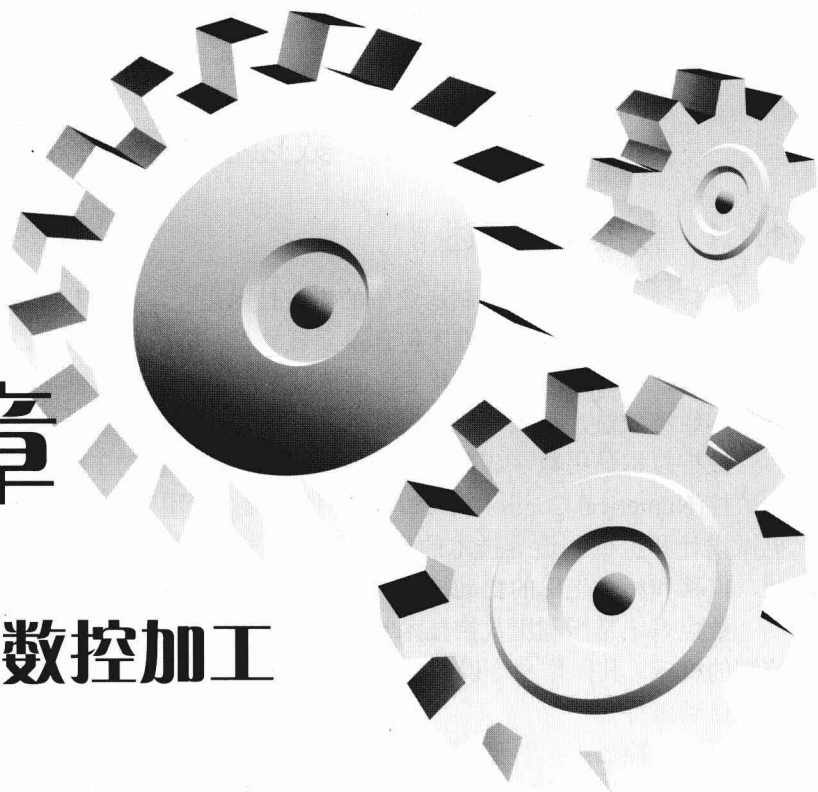
- 10.1 概述 342
 - 10.1.1 数控车削加工概述 342
 - 10.1.2 数控车削加工的操作流程 342
- 10.2 加工几何体 343
 - 10.2.1 加工几何体的类型 343
 - 10.2.2 创建加工坐标系 344
 - 10.2.3 创建工件 345
 - 10.2.4 创建车削工件 346
 - 10.2.5 创建车削部件 348
 - 10.2.6 创建空间范围 349
 - 10.2.7 创建避让 351
- 10.3 加工刀具 353
 - 10.3.1 创建加工刀具的方法 353
 - 10.3.2 从刀具库中调用刀具 353
 - 10.3.3 用户自定义刀具 355
- 10.4 粗车操作 358



10.4.1 创建粗车操作的方法	358	11.1.2 后处理方法	384
10.4.2 粗车操作的车削策略	361	11.2 车间文档	388
10.5 精车操作	362	11.2.1 车间文档概述	388
10.5.1 创建精车操作的方法	362	11.2.2 车间文档的创建方法	389
10.5.2 精车操作的车削方式	364	11.3 设计范例	391
10.6 设计范例	365	11.3.1 范例介绍	391
10.6.1 范例介绍	366	11.3.2 范例制作	391
10.6.2 范例操作	366	11.4 本章小结	393
10.7 本章小结	381	第 12 章 UG NX 6.0 加工综合范例	395
第 11 章 后处理和车间文档	383	12.1 范例介绍	396
11.1 后处理	384	12.2 范例操作	396
11.1.1 后处理概述	384	12.3 本章小结	425

第 1 章

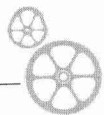
UG NX 6.0 数控加工 基础知识



内容指南:

数控编程是数控技术中很重要的部分，本章将首先介绍数控编程的基础知识，为后面介绍 UG CAM 奠定基础。

当完成一个零件的模型创建后，就需要加工生成这个零件，如车加工、磨加工、铣加工、钻孔加工和线切割加工等。UG 提供了数控编程功能模块，可以满足各种加工要求并生成数控加工程序。数控编程功能模块可以供用户交互式编制数控程序，处理车加工、磨加工、铣加工、钻孔加工和线切割加工等的刀具轨迹。本章主要介绍 UG NX 6.0 数控加工的基础知识和界面。



1.1 数控技术基础知识

1.1.1 数控技术概述

数控技术是当今世界制造业中的先进技术之一，它涉及计算机辅助设计和制造技术，计算机模拟及仿真加工技术，机床仿真及后置处理，机械加工工艺，装夹定位技术和夹具设计与制造技术，金属切削理论，以及毛坯制造技术等多方面的关键技术。数控技术的发展具有良好的社会效益和经济效益，对国家整个制造业的技术进步，提高制造业的市场竞争力有着重要的意义。

数控技术是用数字或数字信号构成的程序对设备的工作过程实现自动控制的一门技术，简称数控(Numerical Control, NC)。数控技术综合运用了微电子、计算机、自动控制、精密检测、机械设计和机械制造等技术的最新成果，通过程序来实现设备运动过程和先后顺序的自动控制，位移和相对坐标的自动控制，速度、转速及各种辅助功能的自动控制。

数控系统是指利用数控技术实现自动控制的系统，而数控机床则是采用数控系统进行自动控制的机床。其操作命令以数字或数字代码即指令的形式来描述，其工作过程按照指令的控制程序自动进行。

所谓数控加工，主要是指用记录在媒体上的数字信息对机床实施控制，使它自动执行规定的加工任务。使用数控加工的优点：可以保证产品达到较高的加工精度和稳定的加工质量；操作过程容易实现自动化，生产率高；生产准备周期短，可以大量节省专用工艺装备，适应产品快速更新换代的需要，大大缩短产品的研制周期；数控加工与计算机辅助设计紧密结合在一起，可以直接从产品的数字定义产生加工指令，保证零件具有精确的尺寸及准确的相互位置精度，保证产品具有高质量的互换性；产品最后用三坐标测量机检验，可以严格控制零件的形状和尺寸精度。当零件形状越复杂，加工精度要求越高，设计更改越频繁，生产批量越小的情况下，数控加工的优越性就越容易得到发挥。数控加工系统在现代机械产品中占有举足轻重的地位，得到了广泛的应用。

数控技术是发展数控机床和先进制造技术的最关键技术，是制造业实现自动化、柔性化、集成化的基础，应用数控技术是提高制造业的产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段。数控机床作为数控技术实施的重要装备，成为提高加工产品质量，提高加工效率的有效保证和关键。

1.1.2 数控机床概述

数控加工就是数控机床在加工程序的驱动下将毛坯加工成合格零件的加工过程。数控机床控制系统具有普通机床所没有的计算机数据处理功能、智能识别功能以及自动控制能力。数控加工与常规加工相比有着明显的区别，其特点如下。

1. 自动化程度高，易实现计算机控制

除了装夹工件还需要手工外，全部加工过程都在数控程序的控制下，由数控机床自动完成，不需要人工干预，因此加工质量主要由数控程序的编制质量来控制。

2. 数控加工的连续性高

工件在数控机床上只需装夹一次,就可以完成多个部位的加工,甚至完成工件的全部加工内容。配有刀具库的加工中心能装有几把甚至几十把备用刀具,具有自动换刀功能,可以实现数控程序控制的全自动换刀,不需要中断加工过程,生产效率高。

3. 数控加工的一致性

数控加工基本消除了操作者的主观误差,精度高、产品质量稳定、互换性好。

4. 适合于复杂零件的加工

数控加工不受工件形状复杂程度的影响,应用范围广。它很容易实现涡轮叶片、成形模具等带有复杂曲面、高精度零件的加工,并解决一些如装配要求较高,常规加工中难以解决的难题。

5. 便于建立网络化系统

例如建立直接数控系统(DNC),把编程、加工、生产管理连成一体,建立自动化车间,走向集成化制造。甚至于可以将CAD系统集成,形成企业的数字化制造体系。数控程序由CAM软件编制,采用数字化和可视化技术,在计算机上通过人机交互方式,能够迅速完成复杂零件的编程,从而缩短产品的研制周期。

近年来,随着数控机床的模块化发展,使数控加工设备增加了柔性化的特点。先进的柔性加工不仅适合于多品种、小批量生产的需要,而且增加了自动变换工件的功能,能交替完成两种或更多种不同零件的加工,可实现夜间无人看管的生产操作。由数台数控机床(加工中心)组成的柔性制造系统(FMS)是一种具有更高柔性的自动化制造系统,具有将加工、装配和检验等制造过程的关键环节高度集成的自动化制造系统。

数控技术已经成为制造业自动化的核心技术和基础技术。其中,数控机床的精确性和重复性成为用户考虑最多的重要因素。

1.1.3 数控加工工艺

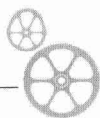
数控加工工艺是伴随着数控机床的产生,不断发展和完善起来的一门应用技术,研究的对象是与数控设备完成数控加工全过程相关的集成化技术,最直接的研究对象是与数控设备有着紧密关系的数控装置、控制系统、数控程序与编制方法。数控加工工艺源于传统的加工工艺,并将传统的加工工艺、计算机数控技术、计算机辅助设计和辅助制造技术有机地结合在一起。

1. 数控加工工艺的特点

普通加工工艺是数控加工工艺的基础和技术保障,由于数控加工是采用计算机对机械加工过程进行自动化控制,因此使得数控加工工艺具有如下特点。

1) 数控加工工艺远比普通机械加工工艺复杂

数控加工工艺既要考虑加工零件的工艺性,加工零件的定位基准和装夹方式,又要选择刀具,制定工艺路线、切削方法及工艺参数等,而这些在常规工艺中均可以简化处理。因此,数控加工工艺比普通加工工艺要复杂得多,影响因素也多,因而有必要对数控编程的全过程进行综合分析、合理安排,然后整体完善。相同的数控加工任务,可以有多个数控工艺方案,既可



以选择以加工部位作为主线安排工艺,也可以选择以加工刀具作为主线来安排工艺。数控加工工艺的多样化是数控加工工艺的一个特色,是与传统加工工艺的显著区别。

2) 数控加工工艺设计要有严密的条理性

由于数控加工的自动化程度较高,相对而言,数控加工的自适应能力就较差。而且数控加工的影响因素较多,比较复杂,需要对数控加工的全过程深思熟虑,数控工艺设计必须具有很好的条理性,也就是说,数控加工工艺的设计过程必须周密、严谨,没有错误。

3) 数控加工工艺的继承性较好

凡经过调试、校验和试切削过程验证的,并在数控加工实践中证明是好的数控加工工艺,都可以作为模板,供后续加工相类似的零件调用,这样不仅可以节约时间,而且可以保证质量。作为模板本身在调用中也是一个不断修改完善的过程,可以达到逐步标准化、系列化的效果。因此,数控工艺具有非常好的继承性。

4) 数控加工工艺必须经过实际验证才能指导生产

由于数控加工的自动化程度高,安全和质量是至关重要的,因此数控加工工艺必须经过验证后才能用于指导生产。在普通机械加工中,工艺员编写的工艺文件可以直接下到生产线用于指导生产,一般不需要上述的复杂过程。

2. 数控加工工艺方案设计

数控加工工艺方案设计是数控编程的核心部分。数控加工工艺方案设计的质量,完全取决于程序员的技术水平和加工经验,这其中包含对数控技术等相关技术的了解程度和熟练应用能力,同时也需要一些具体的应用技巧和操作技能。数控加工工艺方案设计的水平原则上决定了数控程序的质量,这是因为程序员在进行数控编程的过程中,相当多的工作内容集中在加工工艺分析和方案设计,以及数控编程参数设置这两个阶段,因而在一定程度上决定了数控编程的质量。

数控加工工艺方案设计的主要内容包括确定加工方法,确定零件的定位和装夹方案,安排加工顺序,以及安排热处理、检验及其辅助工序等。设计者应从生产实践中总结一些综合性的工艺原则,并结合实际的生产条件提出几个方案,进行分析对比,选择经济合理的最佳方案。合理的工艺方案能保证零件的加工精度、表面质量的要求。影响数控加工方案的主要因素如图 1.1 所示。

1) 数控加工工艺方案设计的主要内容

- 零件加工工艺性分析:对零件的设计图和技术要求进行综合分析。
- 加工方法的选择:选择零件具体的加工方法和切削方式。
- 机床的选择:选择合适的机床,使它既能满足零件加工的外廓尺寸,又能满足零件的加工精度。
- 工装的选择:数控设备尽管减少了对夹具的依赖程度,但还不能完全取消,在满足零件加工精度和技术要求的前提下,工装越简单越好。
- 加工区域规划:对加工对象进行分析,按其形状特征、功能特征及精度、粗糙度要求将加工对象划分成数个加工区域,对加工区域进行规划可以达到提高加工效率和加工质量的目的。
- 加工工艺路线规划:合理安排零件从粗加工到精加工的数控加工工艺路线,进行加工余量分配。

- 刀具的选择：根据加工零件的特点和精度要求，选择合适的刀具以满足零件加工的要求。
- 切削参数的确定：确定合理的切削用量。
- 数控编程方法的选择：根据零件的难易程度，采用手工或自动编程的方式，按照确定的加工规划内容进行数控加工程序编制。

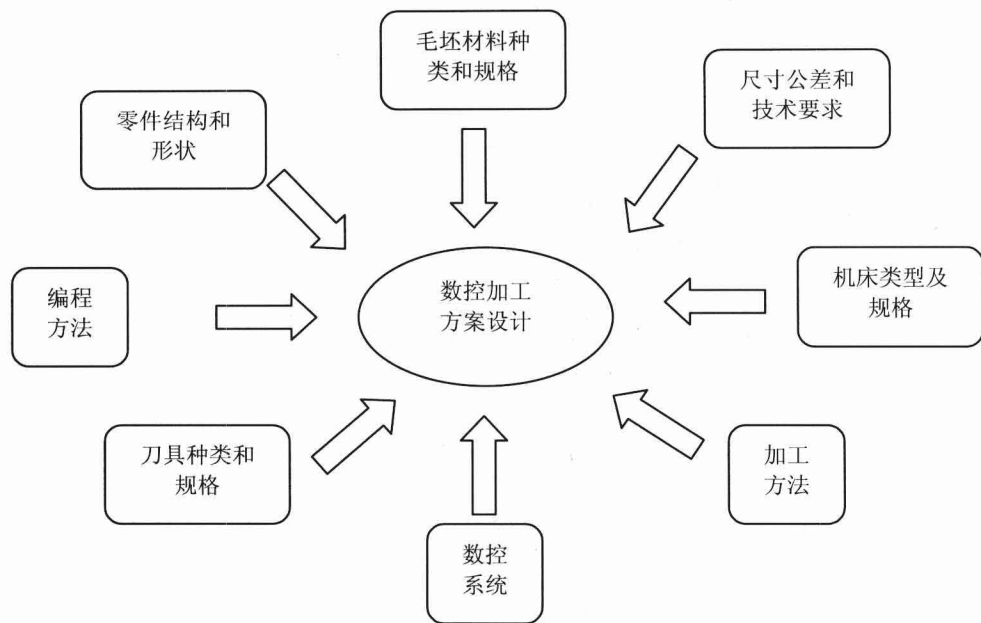


图 1.1 影响数控加工方案的主要因素

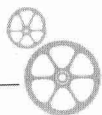
2) 影响数控加工工艺方案设计的主要因素

数控加工工艺设计的内容非常具体、详细。在确定工艺方案时，要考虑的因素较多，如零件的结构特点、表面形状、精度等级和技术要求、表面粗糙度要求等，毛坯材料的状态，切削用量以及所需的工艺装备，刀具等。以下是设计工艺方案必须考虑的几个重要环节。

(1) 加工方法的选择。零件的结构形状是多种多样的，但它们都是由平面、外圆柱面、内圆柱面或曲面、成形面等基本表面所组成的。每一种表面都有多种加工方法，应根据零件的加工精度、表面粗糙度、材料、结构形状、尺寸及生产类型等选用相应的加工方法和加工方案。例如，外圆表面的加工方法主要是车削和磨削。当表面粗糙度要求较小时，还要进行光整加工。

(2) 工艺基准的选择。工艺基准是保证零件加工精度和形位公差的一个关键步骤，工艺基准的选择应与设计基准一致。基于零件的加工性考虑，选择的工艺基准也可能与设计基准不一致，但无论如何，在加工过程中，选择的工艺基准必须保证零件的定位准确、稳定，加工测量方便，装夹次数最少。

(3) 确定加工步骤。工序安排的一般原则是先加工基准面后加工其他面，先粗加工后精加工，粗精分开。具体操作还应考虑两个重要的影响因素，一是尽量减少装夹次数，既提高效率，又保证精度；二是尽量让有位置公差要求的型面在一次装夹中完成加工，充分利用设备的精度



来保证产品的精度。

(4) 工艺保证措施。关键尺寸和技术要求的工艺保证措施对设计工艺方案非常重要。由于加工零件是由不同的型面组成的，一个普通型面通常包括三个方面的要求——尺寸精度、形位公差和表面粗糙度，必须在这些关键特征上有可靠的技术保障，避免如装夹变形、热变形，工件震动导致加工波纹等因素影响到零件的加工质量，进行工艺方案设计时必须考虑以上因素的影响，采取相应的工艺方法和工艺措施来保证，如预留工艺装夹止口，精加工前先让工件冷却，精加工用较小的切削用量，以及在零件上加或缠减震带等方法。

如图 1.2 所示简要地概括了数控加工工艺制定的全过程。

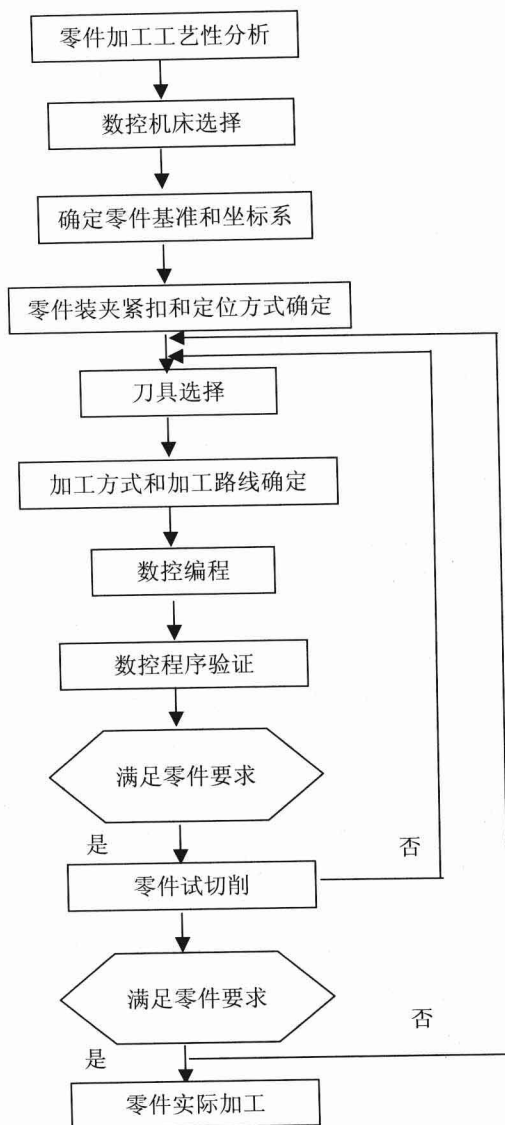


图 1.2 数控加工工艺流程图

3. 零件数控加工工艺分析

零件的数控加工工艺分析是编制数控程序中最重要而又极其复杂的环节,也是数控加工工艺方案设计的核心工作,必须在数控加工方案制订前完成。一个合格的编程人员对数控机床及其控制系统的功能及特点,以及影响数控加工的每个环节都要有一个清晰、全面的了解,这样才能避免由于工艺方案考虑不周而可能出现的产品质量问题,造成无谓的人力、物力等资源的浪费。全面合理的数控加工工艺分析是提高数控编程质量的重要保障。

在数控加工中,从零件的设计图纸到零件成品合格交付,不仅要考虑到数控程序的编制,还要考虑到诸如零件加工工艺路线的安排、加工机床的选择、切削刀具的选择、零件加工中的定位装夹等一系列因素的影响,在开始编程前,必须要对零件设计图纸和技术要求进行详细地数控加工工艺分析,以最终确定哪些是零件的技术关键,哪些是数控加工的难点,以及数控程序编制的难易程度。

零件工艺性分析也是数控规划的第一步,在此基础上,方可确定零件数控加工所需的数控机床、加工刀具、工艺装备、切削用量、数控加工工艺路线,从而获得最佳的加工工艺方案,最终满足零件工程图纸和有关技术文件的要求。

1) 制定数控加工工艺路线所需的原始资料:

- 零件设计图纸、技术资料,以及产品的装配图纸。
- 零件的生产批量。
- 零件数控加工所需的相关技术标准,如企业标准和工艺文件。
- 产品验收的质量标准。
- 现有的生产条件和资料。工艺装备及专用设备的制造能力、加工设备和工艺装备的规格及性能、工人的技术水平。

2) 毛坯状态分析

大多数零件设计图纸只定义了零件加工时的形状和大小,而没有指定原始毛坯材料的数据,包括毛坯材料的类型、规格、形状、热处理状态以及硬度等。编程时,对毛坯材料的深入了解是一个重要的开始,利用这些原始信息,有利于规划数控程序。

3) 产品的装配图和零件图分析

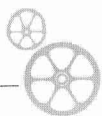
对于装配图的分析,主要是熟悉产品的性能、用途和工作条件,明确零件在产品中的相互装配位置及作用,了解零件图上各项技术条件制定的依据,找出其主要技术的关键问题,为制定正确的加工方案奠定基础。当然对普通零件进行工艺分析时,可以不进行装配图的分析研究。

4) 零件图的工艺性分析

对零件图的分析,主要是对零件进行工艺审查,如检查设计图纸的视图、尺寸标注、技术要求是否有错误、遗漏之处,尤其对结构工艺性较差的零件,如果可能应和设计人员进行沟通或提出修改意见,由设计人员决定是否进行必要的修改和完善。

4. 加工阶段的划分

当零件的加工质量要求较高时,应把整个数控加工过程划分为几个阶段,通常划分为粗加工、半精加工和精加工三个阶段。如果零件的精度要求很高,还需要安排专门的光整加工阶段。必要时,如果毛坯表面比较粗糙,余量也较大,还需要安排先进行荒加工和初始基准加工。



1) 粗加工阶段

粗加工阶段是为了去除毛坯材料或毛坯上大部分的余量,使毛坯材料或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效率。

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纸所规定的尺寸精度、技术要求和表面重量要求。零件精加工的余量都较小,主要考虑的问题是如何达到最高的加工精度和表面质量。

4) 光整加工阶段

当零件的加工精度要求较高,如尺寸精度要求为 IT6 级以上,以及表面粗糙度要求较小($R_a \leq 0.2\mu\text{m}$)时,在精加工阶段之后就必须安排光整加工,以达到最终的设计要求。

5. 数控加工工序规划

加工工序规划是指整个工艺过程而言的,不能以某一工序的性质和某一表面的加工来判断。例如有些定位基准面,在半精加工阶段甚至在粗加工阶段中就需加工得很准确。有时为了避免尺寸链换算,在精加工阶段中,也可以安排某些次要表面的半精加工。

当确定了零件表面的加工方法和加工阶段后,就可以将同一加工阶段中各表面的加工组合成若干个工步。

1) 加工工序划分的方法

在数控机床上加工的零件,一般按工序集中的原则划分工序,划分的方法有以下几种。

(1) 按所使用刀具划分。以同一把刀具完成的工艺过程作为一道工序,这种划分方法适用于工件的待加工表面较多的情形,加工中心常采用这种方法完成。

(2) 按工件安装次数划分。以零件一次装夹能够完成的工艺过程作为一道工序。这种方法适合于加工内容不多的零件,在保证零件加工质量的前提下,一次装夹完成全部的加工内容。

(3) 按粗精加工划分。将粗加工中完成的那一部分工艺过程作为一道工序,将精加工中完成的那一部分工艺过程作为另一道工序。这种划分方法适用于零件有强度和硬度要求,需要进行热处理或零件精度要求较高,需要有效去除内应力,以及零件加工后变形较大,需要按粗、精加工阶段进行划分的零件加工。

(4) 按加工部位划分。将完成相同型面的那一部分工艺过程作为一道工序。对于加工表面多而且比较复杂的零件,应合理安排数控加工、热处理和辅助工序的顺序,并解决好工序间的衔接问题。

2) 加工工序划分的原则

零件是由多个表面构成的,这些表面有自己的精度要求,各表面之间也有相应的精度要求。为了达到零件的设计精度要求,加工工序安排应遵循一定的原则。

(1) 先粗后精的原则。各表面的加工顺序按照粗加工、半精加工、精加工和光整加工的顺序进行,目的是逐步提高零件加工表面的精度和表面质量。

如果零件的全部表面均由数控机床加工,则工序安排一般按粗加工、半精加工、精加工的