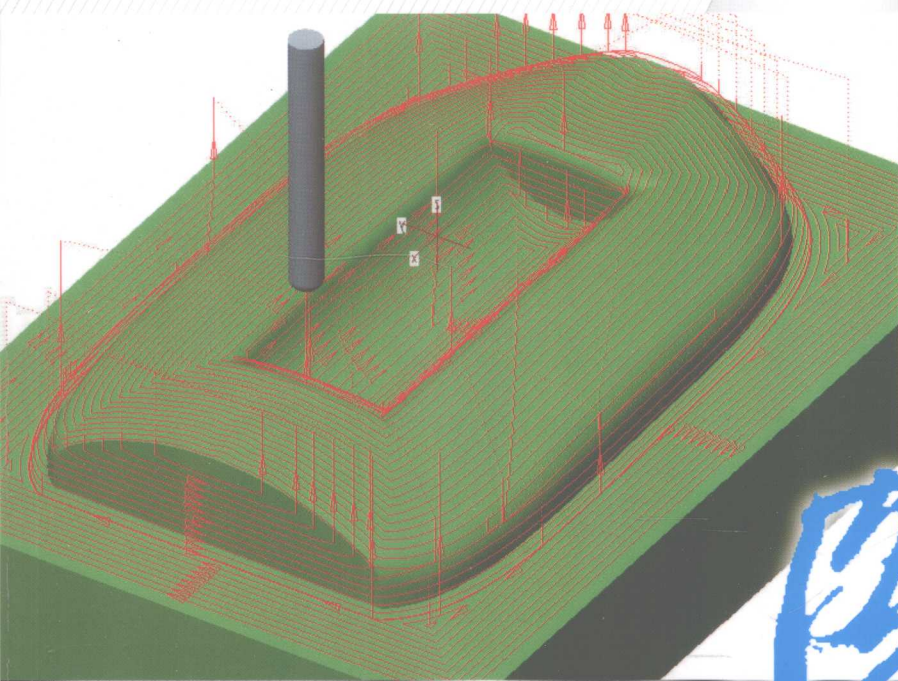


 CAD/CAM 案例 **图解** 视频教程

UG NX6



数控编程实例

图

解

- ❑ 作者拥有多年的UG教学、实践经验!
- ❑ 全面覆盖UG数控加工各项技术, 内容深入!
- ❑ 精心选择**59**个典型工程实例, 全程详细图解操作过程!
- ❑ 超过**250**分钟的高清晰操作动画演示, 并配有详细的解说!
- ❑ **随书DVD光盘**包括了全部实例的起始文件、结果文件以及教学视频!

腾龙工作室 李德林 顾国超 谢龙汉 编著

清华大学出版社



CAD/CAM 实例图解视频教程

UG NX 6 数控编程实例图解

腾龙工作室

李德林 顾国超 谢龙汉 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书详细介绍了UG NX 6 数控编程的相关知识,共分9章,依次介绍了UG NX 6 数控加工基础及操作流程、平面铣、型腔铣、固定轴曲面轮廓铣、点位加工、可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、刀路后处理和综合实例等。全书以图解的方式,通过基础知识、实训和综合实例相结合的方法进行讲解,使得本书通俗易懂。本书每章都配有典型实例,方便读者自己动手操作和巩固基础知识。随书光盘中配有书中所有综合实例的操作实例源文件、结果文件和视频讲解。书盘结合的方式可以降低学习难度、提高学习效率。

本书内容全面、图文结合、通俗易懂,适合UG NX 6 数控编程用户迅速掌握数控加工基础知识,并全面提高编程技能。本书适合初、中级读者使用,可作为大中专院校机械类相关专业和培训班的教材,同时也可作为CAD/CAE/CAM 相关技术人员的参考用书。

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 数控编程实例图解/李德林,顾国超,谢龙汉编著. —北京:清华大学出版社,2009.4
(CAD/CAM 实例图解视频教程)

ISBN 978-7-302-19161-2

I. U… II. ①李… ②顾… ③谢… III. 数控机床—程序设计—应用软件,UG NX 6—教材
IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第206334号

责任编辑:许存权 朱 俊

封面设计:一 度

版式设计:牛瑞瑞

责任校对:柴 燕

责任印制:何 芊

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:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28 字 数:644千字

(附DVD光盘1张)

版 次:2009年4月第1版

印 次:2009年4月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:54.00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:029285-01



腾龙图书

TLong Books

知识改变命运!

腾龙助你辉煌!

腾龙工作室

丛书主编: 谢龙汉

编委:	林伟	魏艳光	林木议	郑晓
	吴苗	林树财	林伟洁	王悦阳
	黄惠莹	陈德业	李朝光	刘平安
	许玲	黄宜松	辛栋	王磊
	张磊	周伟文	叶国林	黄永宁
	朱圣晓	刘艳龙	李德林	顾国超

前言

UG NX 6 为全球 PC 级 CAD, 全球销售量第一, 是工业界及学校广泛采用的 CAD/CAM/CAE 系统。在美国和加拿大的教育单位中, 共计有 2500 多所高中、专科学校院校使用它来进行机械制造及设计制作, 在中国大陆及台湾地区的企业界及教育单位亦有领先地位。

本书重点介绍了 UG NX 6 CAM 的知识, 通过对本书的学习, 读者可以掌握使用 UG NX 6 进行简单的数控加工的方法。

本书共分为 9 章, 依次介绍了 UG NX 6 数控加工基础及操作流程、平面铣、型腔铣、固定轴曲面轮廓铣、点位加工、可变轴曲面轮廓铣、顺序铣、刀路后处理和综合实例等内容。

第 1 章 数控加工基础及操作流程。主要内容包括 UG NX 6 数控加工概述和辅助加工基础知识, 在辅助加工基础知识中介绍了数控加工的工艺特点、工艺分析和规划以及工艺的基本参数设置等, 并通过入门实例介绍了 UG NX 6 数控加工的整个流程。

第 2 章 平面铣。主要内容包括平面铣概述、平面铣几何体设置以及平面铣基本参数设置, 在平面铣基本参数设置中介绍了操作参数、切削参数、非切削移动参数、安全平面以及进给和速度设置等, 并配有实训和实例讲解说明。

第 3 章 型腔铣。主要内容包括型腔铣概述、型腔铣几何体设置以及型腔铣基本参数设置, 在型腔铣基本参数设置中介绍了切削模式、切削层以及切削参数等, 并配有实训和实例讲解说明。

第 4 章 固定轴曲面轮廓铣。主要内容包括固定轴曲面轮廓铣概述、固定轴曲面轮廓铣几何体设置以及固定轴曲面轮廓铣基本参数设置, 如驱动方式、刀轴及投影矢量和刀轨设置等, 并配有实训和实例讲解说明。

第 5 章 点位加工。主要内容包括点位加工概述、点位加工几何体设置以及点位加工基本参数设置, 如循环类型、循环参数以及其他参数的设置, 并配有实训和实例讲解说明。

第 6 章 可变轴曲面轮廓铣。主要内容包括可变轴曲面轮廓铣概述、可变轴曲面轮廓铣驱动方式以及可变轴曲面轮廓铣刀轴控制等, 其中, 可变轴曲面轮廓铣驱动方式包括曲线/点驱动方式、边界驱动方式、螺旋驱动方式、曲面区域驱动方式、刀轨驱动方式、径向切削驱动方式和用户定义驱动方式, 并配有实训和实例讲解说明。

第 7 章 顺序铣。主要内容包括顺序铣概述和顺序铣基本选项, 在顺序铣基本



选项中介绍了“顺序铣”对话框、顺序铣共同选项、进刀运动、连续刀轨运动、退刀运动和横越运动以及顺序铣操作的编辑等，最后还有对顺序铣技巧的介绍，并配有实训和实例讲解说明。

第8章 刀路后处理。主要内容包括刀位源文件管理器、图形后置处理器和刀路后置处理器等，并配有实训和实例讲解说明。

第9章 综合实例。本章是对前面各章节的综合应用，通过实例，综合应用多种加工方法向读者展示本书的精华。

本书大部分内容由李德林、顾国超完成，香港中文大学谢龙汉博士进行了指导并提供了技术支持，并对本书进行了校对和完善；同时也非常感谢腾龙工作室其他成员的帮助和支持。

由于时间仓促，书中难免存在疏漏之处，敬请读者谅解。读者可通过电子邮件 xielonghan@yahoo.com.cn 与我们交流。

编 者

Unigraphics

NX 6 中文版

目 录

第1章 数控加工基础及操作流程...1

1.1 数控加工概述.....2

1.2 辅助加工基础知识.....3

1.2.1 数控加工的工艺特点.....3

1.2.2 加工工艺分析和规划.....4

1.2.3 加工工艺参数设置.....5

实训 1-1——加工参数的设置.....13

1.2.4 数据共享及继承.....15

1.3 数控加工基本流程.....16

1.3.1 创建程序.....16

实训 1-2——创建程序.....18

1.3.2 创建刀具.....19

实训 1-3——创建刀具.....20

1.3.3 创建几何体.....20

实训 1-4——创建几何体.....22

1.3.4 创建加工方法.....24

实训 1-5——创建加工方法.....25

1.3.5 创建操作.....27

实训 1-6——创建操作.....28

1.3.6 刀具路径模拟仿真.....28

实训 1-7——刀路仿真.....28

1.3.7 刀路后处理.....30

实训 1-8——刀路后处理.....30

1.4 入门引例.....32

1.5 本章小结.....41

第2章 平面铣.....42

2.1 平面铣概述.....43

2.2 平面铣几何体设置.....45

2.2.1 选择几何体类型.....46

2.2.2 边界定义类型.....47

2.2.3 边界几何图形的创建及编辑.....49

实训 2-1——加工边界定义.....54

2.2.4 底平面设置.....56

实训 2-2——底平面设置.....56

2.3 平面铣基本参数设置.....58

2.3.1 操作参数.....58

实训 2-3——操作参数设置.....62

2.3.2 切削层.....64

实训 2-4——切削层设置.....65

2.3.3 切削参数.....67

实训 2-5——切削参数设置.....71

2.3.4 非切削移动参数.....72

实训 2-6——非切削移动参数设置.....83

2.3.5 安全设置.....84

实训 2-7——安全平面设置.....87

2.3.6 进给和速度.....88

实训 2-8——进给和速度设置.....90

2.4 典型实例.....91

2.4.1 含岛屿零件的加工.....91

2.4.2 导板零件加工.....102

2.5 本章小结.....112

第3章 型腔铣.....113

3.1 型腔铣概述.....114

3.2 型腔铣几何体设置.....115

3.2.1 选择几何体类型.....116

3.2.2 几何体定义模式.....116

实训 3-1——几何体选择和设置.....119

3.3 型腔铣基本参数设置.....122

3.3.1 切削模式、步进和全局每刀

深度.....122

实训 3-2——切削模式、步进和全局

每刀深度.....123

3.3.2 切削层.....123

实训 3-3——切削层设置.....125



3.3.3 切削参数	128	5.3.3 设置其他参数	200
实训 3-4——切削参数设置	132	实训 5-3——设置其他参数	200
3.4 典型实例	133	5.4 典型实例	202
3.4.1 充电器基座型腔加工	133	5.4.1 轴承端盖孔位加工	202
3.4.2 底盘零件型腔加工	139	5.4.2 复杂孔系加工	217
3.5 本章小结	150	5.5 本章小结	236
第 4 章 固定轴曲面轮廓铣	151	第 6 章 可变轴曲面轮廓铣	237
4.1 固定轴曲面轮廓铣概述	152	6.1 可变轴曲面轮廓铣概述	238
4.2 固定轴曲面轮廓铣几何体设置	153	6.2 可变轴曲面轮廓铣驱动方式	240
4.2.1 几何体类型	153	6.2.1 曲线/点驱动方式	240
4.2.2 几何体的选择及参数设置	156	实训 6-1——曲线/点驱动方式设置	240
实训 4-1——几何体的选择及参数设置	156	6.2.2 边界驱动方式	242
4.3 固定轴曲面轮廓铣基本参数设置	159	实训 6-2——边界驱动方式设置	243
4.3.1 设置驱动方式	159	6.2.3 螺旋驱动方式	246
实训 4-2——设置驱动方式	162	实训 6-3——螺旋驱动方式设置	246
4.3.2 刀轴及投影矢量	164	6.2.4 曲面区域驱动方式	248
实训 4-3——刀轴及投影矢量	165	实训 6-4——曲面区域驱动方式设置	249
4.3.3 刀轨设置	166	6.2.5 刀轨驱动方式	251
实训 4-4——刀轨设置	166	实训 6-5——刀轨驱动方式设置	252
4.4 典型实例	167	6.2.6 径向切削驱动方式	254
4.4.1 电钻壳体凸模曲面加工	167	实训 6-6——径向切削驱动方式设置	255
4.4.2 化妆瓶体凹模曲面加工	177	6.3 可变轴曲面轮廓铣刀轴控制	257
4.5 本章小结	187	实训 6-7——刀轴控制	258
第 5 章 点位加工	188	6.4 典型实例	260
5.1 点位加工概述	189	6.4.1 鼠标上壳曲面加工	260
5.2 点位加工几何体设置	189	6.4.2 发动机叶片曲面加工	270
5.2.1 几何体类型	190	6.5 本章小结	275
5.2.2 几何体的选择及参数设置	193	第 7 章 顺序铣	276
实训 5-1——几何体的选择及参数设置	193	7.1 顺序铣概述	277
5.3 点位加工基本参数设置	195	7.2 顺序铣基本选项	279
5.3.1 设置循环类型	195	7.2.1 “顺序铣”对话框	279
5.3.2 设置循环参数	196	7.2.2 顺序铣共同选项	283
实训 5-2——设置循环参数	198		



实训 7-1——顺序铣基本参数 设置	286	第 8 章 刀路后处理	357
7.2.3 进刀运动	288	8.1 刀位源文件管理器	358
实训 7-2——进刀运动设置	290	实训 8-1——刀位文件参数设置	360
7.2.4 连续刀轨运动	293	8.2 图形后置处理器	361
实训 7-3——连续刀轨运动设置	294	实训 8-2——图形后置参数设置	363
7.2.5 退刀运动和横越运动	297	8.3 刀路后置处理器	365
实训 7-4——退刀运动设置	298	实训 8-3——刀路后置参数设置	366
7.2.6 顺序铣操作的编辑	299	8.4 典型实例——从加工到后 处理的全过程	369
实训 7-5——顺序铣操作的编辑	301	8.5 本章小结	380
7.3 顺序铣技巧	305	第 9 章 综合实例	381
7.4 典型实例	306	9.1 油泵端盖加工	382
7.4.1 箱体零件边界精加工	306	9.2 凸模曲面加工	395
7.4.2 凸台斜壁变轴加工	328	9.3 斜壁零件变轴加工	409
7.5 本章小结	356		

图

解

系列

第 1 章 数控加工基础及操作流程

数控，即用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。数控加工就是把数控技术应用于传统的加工技术中，它覆盖几乎所有加工领域，如车、铣、刨、镗、钻、拉、电加工、板材成型等。本章主要内容有数控加工基础知识的介绍，包括工艺分析和规划、切削用量、刀具半径补偿与长度补偿、顺铣与逆铣等，以及数控加工的基本流程介绍，包括创建程序、创建几何体、创建刀具和创建操作等。



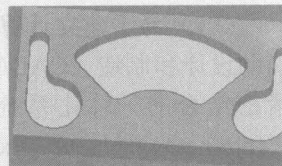
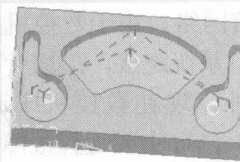
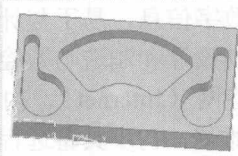
本章要点

- ▣ 数控加工概述
- ▣ 加工工艺分析和规划
- ▣ 加工工艺参数设置
- ▣ 创建程序
- ▣ 创建刀具
- ▣ 创建几何体
- ▣ 创建加工方法
- ▣ 创建操作
- ▣ 刀具路径模拟仿真
- ▣ 刀路后处理



本章案例

- ▣ 入门引例





1.1 数控加工概述

数控 (Numerical Control), 即用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量与机械能量流向有关的开关量。

与传统的加工手段相比, 数控加工方法的优势比较明显, 主要表现在以下几个方面:

(1) 柔性好。所谓的柔性即适应性, 是指数控机床随生产对象的变化而变化的适应能力。数控机床把加工的要求、步骤与零件尺寸用代码和数字表示为数控程序, 通过信息载体将数控程序输入数控装置。经过数控装置中的计算机处理与计算出各种控制信号, 控制机床的动作, 按程序加工出图纸要求的零件。在数控机床中使用的是可编程的数字量信号, 当被加工零件改变时, 只要编写“描述”该零件加工的程序即可。数控机床对加工对象改型的适应性强, 这为单件、小批零件加工及试制新产品提供了极大的便利。

(2) 加工精度高。数控机床有较高的加工精度, 而且数控机床的加工精度不受零件形状复杂程度的影响。这对一些用普通机床难以保证精度甚至无法加工的复杂零件来说是非常重要的。另外, 数控加工消除了操作者的人为误差, 提高了同批零件加工的一致性, 使产品质量稳定。

(3) 能加工复杂型面。数控加工运动的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面的加工。

(4) 生产效率高。数控机床的加工效率一般比普通机床高 2~3 倍, 尤其在加工复杂零件时, 生产率可提高十几倍甚至几十倍。一方面是因为其自动化程度高, 具有自动换刀和其他辅助操作自动化等功能, 而且工序集中, 在一次装夹中能完成较多表面的加工, 省去了画线、多次装夹和检测等工序; 另一方面是加工中可采用较大的切削用量, 有效地减少了加工中的切削工时。

(5) 劳动条件好。在数控机床上加工零件自动化程度高, 大大减轻了操作者的劳动强度, 改善了劳动条件。

(6) 有利于生产管理。用数控机床加工能准确地计划零件的加工工时, 简化检验工作, 减轻了工夹具、半成品的管理工作, 减少了因误操作而出废品及损坏刀具的可能性, 这些都有利于管理水平的提高。

(7) 易于建立计算机通信网络。由于数控机床使用数字信息, 易于与计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 系统连接, 形成计算机辅助设计和制造与数控机床紧密结合的一体化系统。另外, 现在数控机床通过因特网 (Internet)、内联网 (Intranet)、外联网 (Extranet) 已可实现远程故障诊断及维修, 初步具备远程控制和调度、进行异地分散网络化生产的可能, 从而为今后进一步实现制造过程网络化、智能化提供了必备的基础条件。

但是由于数控加工本身还有一些不足之处, 使其应用受到一些限制, 主要表现



在以下几个方面:

(1) 数控机床价格较贵, 加工成本高, 提高了起始阶段的投资。

(2) 技术复杂, 增加了电子设备的维护成本, 维修困难。

(3) 对工艺和编程要求较高, 加工中难以调整, 对操作人员的技术水平要求较高。

由于数控加工有着自身的特点, 所以, 在实际生产加工中, 它也并不是适用于加工所有类型的零件, 其主要偏向于以下几个方面的应用:

(1) 几何形状复杂的零件。特别是形状复杂、加工精度要求高或用数学方法定义的复杂曲线、曲面轮廓。

(2) 多品种小批量生产的零件。用通用机床加工时, 要求设计制造复杂的专用工装或需很长调整时间。

(3) 必须严格控制公差的零件。

(4) 贵重的、不允许报废的关键零件。

随着科学技术的发展, 机械产品的形状和结构不断改进, 对零件加工质量的要求也越来越高。尤其是随着 FMS 和 CIMS 的兴起和不断成熟, 对机床数控系统提出了更高的要求, 现代数控加工正在向高速化、高精度化、网络化、智能化和高柔性化等方向发展。

(1) 高速、高精度化。速度、精度和效率是机械制造技术的关键性能指标。由于采用了高速 CPU 芯片、RISC 芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率绝对式检测元件的交流数字伺服系统, 同时采取了改善机床动态、静态特性等有效措施, 机床的高速、高精、高效化已大大提高。

(2) 网络化。通过机床联网, 可在任何一台机床上对其他机床进行编程、设定、操作和运行, 不同机床的画面可同时显示在每一台机床的屏幕上。数控装备的联网可以极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求。

(3) 智能化。智能化体现在数控系统的各个方面。为追求加工效率采用智能化; 为提高驱动性能及使用连接方便采用智能化; 为了简化编程和操作而追求智能化; 为智能诊断和监控追求智能化。

(4) 高柔性化。包含两方面的内容, 即数控系统本身的柔性和群控系统的柔性。数控系统本身的柔性体现在数控系统采用模块化设计, 功能覆盖面大, 可裁剪性强, 便于满足不同用户的需求; 群控系统的柔性即同一群控系统能依据不同生产流程的要求, 使物料流和信息流自动进行动态调整, 从而最大限度地发挥群控系统的效能。

1.2 辅助加工基础知识

1.2.1 数控加工的工艺特点

数控加工工艺是伴随着数控机床的产生不断发展和逐步完善起来的一门应用

图

解

系列



技术。数控加工工艺就是将传统的加工工艺、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，它的一个典型特征是将数控技术融入到普通加工工艺中。

普通加工工艺是数控加工工艺的基础和技术保障，由于数控加工采用计算机对机械加工过程进行自动化控制，使数控加工工艺具有以下几个方面的特点：

(1) 数控加工工艺比普通加工工艺复杂。数控加工工艺要考虑加工零件的工艺性及加工零件的定位基准和装夹方式，也要选择刀具并制定工艺路线、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，也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。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。

1.2.2 加工工艺分析和规划

数控加工工艺分析和规划主要包括以下内容。

(1) 确定加工对象。通过对零件模型进行分析，确定这一工件的哪些部位需要加工。数控铣的工艺适应性当然也是有一定限制的，对于一些尖角、细小的筋条等部位是不适合用数控加工的，最好使用线切割或者电加工来加工；而另外一些加工部位，使用普通机床反而会有更好的经济性，如孔的加工、回转体的加工。

(2) 规划加工区域。按零件形状、功能及精度、粗糙度等方面的要求将加工对象分割成数个加工区域。对加工区域进行合理的规划可以达到既提高加工效率又提高加工质量的目的。

(3) 规划工艺路线。即从粗加工到半精加工和精加工，再到清根加工的流程

及加工余量的合理分配。

(4) 确定加工工艺和加工方式。如刀具选择、加工工艺参数和切削方式选择等。

在完成工艺分析后,还应该填写一张 CAM 数控加工工序表,表中的项目应该包括加工区域、走刀方式、刀具、主轴转速和切削进给等选项。完成了工艺分析和规划后,即完成了 CAM 数控加工大部分的工作。同时,工艺分析的水平原则上决定了 NC 程序的质量。

1.2.3 加工工艺参数设置

1. 切削用量

切削用量即切削加工过程中所采用的切削速度、切削深度和进给量等工艺参数,如图 1-1 所示。切削速度表示工件被切削表面与刀刃之间的相对运动速度;切削深度表示在垂直于切削速度与进给方向所组成的平面内测量的车刀与工件的接触量;进给量有 3 种表示方法:① 每分钟进给量。表示每分钟内工件与刀具之间的相对位移量。② 每转或每行程进给量。表示每转或每次往复行程中工件与刀具间沿进给方向的相对位移量。③ 每齿进给量。表示多齿刀具相邻两齿与工件接触的时间间隔内,工件与刀具的相对位移量。

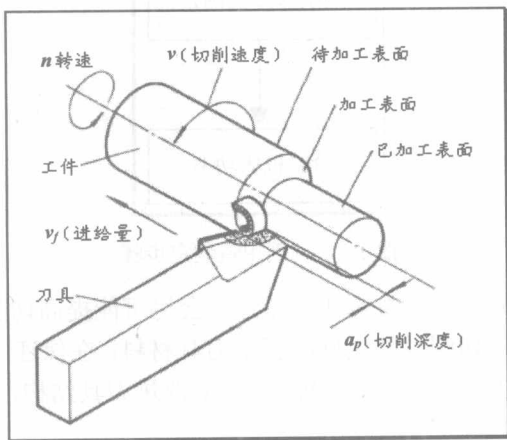


图 1-1 切削用量参数

正确选择切削用量对于保证加工质量、提高加工效率和降低生产成本具有重要意义。所谓“合理的”切削用量是指充分利用刀具切削性能和机床动力性能(功率、扭矩),在保证质量的前提下,获得高的生产率和低的加工成本的切削用量。

制定切削用量时,应该考虑的要素有如下几点:

(1) 切削加工生产率。在切削加工中,金属切除率与切削用量三要素(切削深度、进给量、切削速度)均保持线性关系,即其中任一参数增大一倍,都可使生产率提高一倍,然而由于刀具寿命的制约,当任一参数增大时,其他两参数必须减

图

解

系列



小。因此，在制定切削用量时，三要素获得最佳组合时的高生产率才是合理的。

(2) 刀具寿命。切削用量三要素对刀具寿命影响的大小，按顺序为切削速度、进给量、切削深度。因此，从保证合理的刀具寿命出发，在确定切削用量时，首先应采用尽可能大的背吃刀量，然后再选用大的进给量，最后求出切削速度。

(3) 加工表面粗糙度。精加工时，增大进给量将增大加工表面粗糙度值。因此，它是精加工时抑制生产率提高的主要因素。

除此之外，还要考虑刀具和工件的材料、机床功率、机床、机床夹具、工件和刀具系统的刚度以及断屑、排屑条件等。

切削用量的制定一般有着固定的程序，其制定步骤如图 1-2 所示。

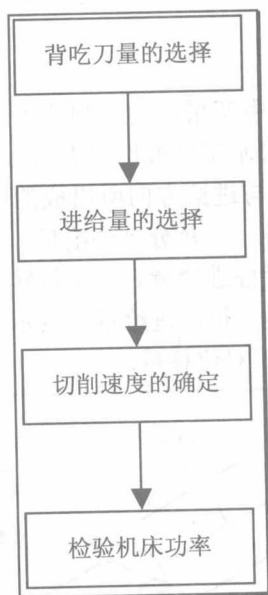


图 1-2 切削用量制定步骤

在实际生产加工中，为了提高生产效率，会尽可能提高切削用量。一般提高切削用量的途径有：采用切削性能更好的新型刀具材料；在保证工件机械性能的前提下，改善工件材料加工性；改善冷却润滑条件；改进刀具结构，提高刀具制造质量。

2. 进/退刀控制

在数控铣削中，由于其控制方式的加强，与普通铣床只能手工控制相比有很大的差别，在进刀时可以采取更加合理的方式以达到最佳的切削状态。切削前的进刀方式有两种形式，一种是垂直方向进刀（常称为下刀）和退刀，另一种是水平方向进刀和退刀，对于数控加工来说，这两个方向的进刀都与普通铣削加工不同。

(1) 垂直进/退刀方式。在普通铣床上加工一个封闭的型腔零件时，一般都会分成两个工序，先预钻一个孔，再用立铣刀切削。在数控加工中，数控编程软件通常有 3 种垂直进刀的方式，一种是垂直向下进刀，一种是斜线轨迹进刀，一种是螺旋式轨迹进刀，如图 1-3 所示。

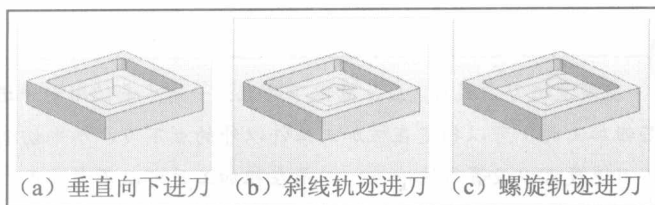


图 1-3 垂直进/退刀方式

对于垂直进刀的不同进刀方式，有如下几个需要注意的地方：

- ✓ 直接垂直进刀方式只能用具有垂直吃刀能力的键槽铣刀，对于其他类型的刀具，只有作很小的切削深度时才可使用。在非切削状态下一般使用直接进刀方式。
- ✓ 斜线进刀及螺旋进刀都是靠铣刀的侧刃逐渐向下铣削而实现向下进刀的，所以这两种进刀方式都可用于端部切削能力较弱的端铣刀（如最常用的可转位硬质合金刀）的向下进给。同时，斜线或螺旋进刀可以改善进刀时的切削状态，保持较高的速度和较低的切削负荷。
- ✓ 在数控加工中，对进刀及退刀有较详尽的设置，包括有安全距离、方式、抬刀方式及自动进刀/退刀的参数设置，如螺旋角度和倾斜角度、螺旋半径或倾斜长度等，这些参数都需要根据实际加工零件和加工方式进行设置。



备忘录

(2) 水平方向进/退刀方式。为了改善铣刀开始接触工件和离开工件表面时的状况，一般的数控系统都设置了刀具接近工件和离开工件表面的特殊运行轨迹，以避免刀具直接与工件表面相撞并保护已加工表面。比较常用的方式有两种，即直线（法向）进/退刀方式与圆弧（切向）进/退刀方式，分别需要设定进刀线长度和进刀圆弧半径，如图 1-4 所示。

圆弧进/退刀以被加工表面相切的圆弧方式接触和退出工件表面，如图 1-4 (a) 所示。图中的切入轨迹是以圆弧方式与被加工表面相切的，退出时也是以一个圆弧离开工件的。

直线进/退刀是以被加工表面法线方向进入接触和退出工件表面，如图 1-4 (b) 所示，图中的切入和退出轨迹是与被加工表面相垂直（法向）的一段直线。此方式相对轨迹较短，适用于表面要求不高的情况，常在粗加工或半精加工中使用。

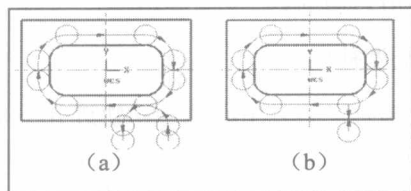


图 1-4 水平进/退刀方式

 图
解
系列



i

在设置进刀方式时，应注意以下两点：一是尽量使用水平进刀，如在模具型芯粗加工时，可以指定在被加工工件以外的点下刀，水平切削进入加工区域，下刀速度可以设置得快一点；二是在粗加工时可以不考虑水平进刀方式或者使用法向进刀，这样可以节省路径，而在精加工时应优先考虑设置圆弧进刀，这样对工件表面质量有较好的保证。

对刀具进刀方式的合理选择和参数的精确选定，可以使数控加工有更高的效率，并保持机床和刀具的最佳使用状态，从而延长刀具的寿命，同时提高加工的精确度。

3. 提刀高度与安全高度

安全高度，顾名思义，就是在加工过程中不会损坏加工工具和零件的高度。在切削过程中，要达到“安全”的高度，刀具在转移位置时将退到这一高度再走刀至下一位置。图 1-5 给出了加工过程中各个高度之间的关系。不难看到，起止高度作为进退刀的初始高度必须大于或等于安全高度。而提刀高度也叫做安全高度，各高度之间的关系如图 1-5 所示。

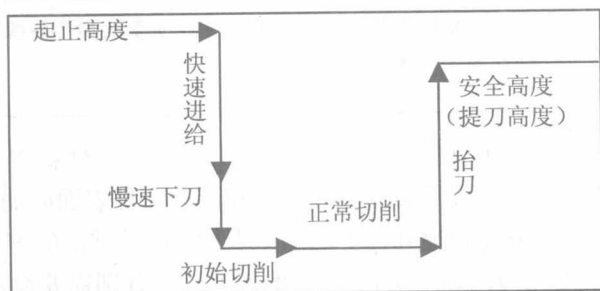


图 1-5 各高度之间关系

加工过程中，当刀具在两点间移动并不进行切削时，若设定为抬刀，刀具将首先提到安全平面，再移动刀具；若不设定抬刀，刀具就会直接在两点间移动。直接移动固然可以节约时间，但是必须注意安全，确保在移动过程中不与凸出部位发生碰撞或干涉。

在粗加工时，对较大面积的加工，通常建议抬刀，以确保安全；在精加工时，为加快加工速度，常常不抬刀切削。

4. 刀具半径补偿与长度补偿

用铣刀铣削工件的轮廓时，刀具中心的运动轨迹并不是加工工件的实际轮廓。如图 1-6 所示，加工内轮廓时，刀具中心要向工件的内侧偏移一定距离；而加工外轮廓时，刀具中心要向工件的外侧偏移一定距离。由于数控系统控制的是刀心轨迹，因此编程时要根据零件轮廓尺寸计算出刀心轨迹。零件轮廓可能需要粗铣、半精铣