

精工 CAD/CAM

行业应用实践丛书

- 典型的应用案例,挖掘您最需要的软件知识和行业技能。
- 全新写作模式,带您进入实际的行业操作流程。
- 点线面结合,让您在学习软件的同时领略行业技巧。
- 应用拓展,让您了解更多的软件技巧和行业规程,开阔视野。



Pro/ENGINEER Wildfire

5.0

数控加工

一条主线,两条线索,纵横结合,
完美展现软件在行业中的应用

行业应用实践

39



多媒体视频光盘
4小时超长演绎

张蔚波 苏树朋 等 / 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

精工

CAD/CAM
行业应用实践丛书

零点工作室 姜洪奎 张蔚波 苏树朋 等 / 编著

5.0

数控加工 行业应用实践

本书从软件用户的学习角度出发,应用“基础知识——实例分析——项目实现——应用拓展”由浅入深、循序渐进的结构模式,分别介绍了常用的加工工序:体积块铣削、轮廓铣削、平面铣削、曲面铣削、钻孔铣削、区域车削、轮廓车削、后处理等。在第2~9章中首先介绍相应工序的应用和加工原理等基础知识;然后在“实例分析”中大量引用现实生产中的例子,并在通篇贯穿“减速器加工”整个加工项目的实际生产工艺过程,这样读者在熟悉本章内容的同时可以迅速地复习并运用前几章所学的工序内容和加工方法,不断稳固形成的知识体系;最后一节“应用拓展”提供了在实际加工中遇到的工艺难题和解决方法,帮助读者进一步提高自身的业务水平。在学完本书后,读者可以直接将所学的知识应用于实际工作中。

本书图文并茂,以图解实例的方式对软件操作和基础知识进行介绍,讲解深入浅出、通俗易懂,适合于 Pro/E NC 初学者以及从事机械数控加工的人士,还可以作为大中专院校相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 数控加工行业应用实践/姜洪奎等编著.

—北京:机械工业出版社,2010.5

(精工:CAD/CAM 行业应用实践丛书)

ISBN 978-7-111-30571-2

I. ①P... II. ①姜... III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计
—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 080544 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张晓娟 责任印制:杨 曦

版式设计:墨格文慧

北京双青印刷厂印刷

2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.5 印张·546 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30571-2

ISBN 978-7-89451-563-6(光盘)

定价:45.00 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

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

Pro/ENGINEER (简称 Pro/E) 是美国 PTC 公司推出的集 CAD/CAM/CAE 于一体的软件系统, 包括了概念设计、工程分析、加工制造到产品发布等各项功能, 覆盖了产品开发生产的全过程, 在航空航天、汽车、通用机械、工业设备、医疗器械, 以及其他高科技应用领域的机械设计和模具加工自动化的市场上得到了广泛的应用。Pro/ENGINEER 5.0 是 2009 年 7 月推出的最新版本, 与前期版本相比较, 新的版本中的界面发生了较大变化, 出现了较多的快捷按钮, 用户可以更加快捷地选用相应的加工工序。

“参数化”是 Pro/ENGINEER 软件先进的设计理念。在 Pro/ENGINEER 5.0 版本中, 装配模型和参考模型、加工工件共同使用一个数据库, 因此, 当原始设计发生变化时, 可以不改变加工工序, 只需要改变原始模型就可以达到生产要求, 这样就大大降低了修改工序的时间, 这对于“时间就是金钱”的机械加工行业尤其重要。

本书以 Pro/ENGINEER 5.0 中文完整版为蓝本进行详细讲解, 并参阅了大量国内外优秀教材, 吸取了各个教材的优点, 从软件用户的学习角度出发形成了“基础知识——实例分析——项目实现——应用拓展”由浅入深、循序渐进的结构模式。语言表述简洁, 易于读者接受和理解。

全书以图解实例的方式对软件操作和基础知识进行介绍, 大部分图片以数字序号或文字标识出各个操作步骤和知识点, 使读者可以在较短的时间内掌握操作步骤的同时获取更多的知识。

对于机械加工行业的人士, 其业务水平的高低往往取决于工作经验的积累。即使读者掌握了软件的使用方法, 也只是停留在“只懂软件操作, 不懂实际应用”的水平上。为了解决这一常见的问题, 本书注重理论结合实际的学习方法。在“实例分析”中大量引用现实生产中的例子, 并在通篇贯穿“减速器加工”整个加工项目的实际生产工艺过程。“应用拓展”部分提供了机械实际加工遇到的工艺难题和解决方法, 用户可以迅速地被引导进入 Pro/E NC 加工的环境中, 并且与相关工艺问题相联系, 从而很快提高自身的业务水平。在学完本书后, 用户可以直接将所学的知识应用于实际工作中。

本书的写作思想是立足于实际问题的应用设计, 通过针对性、代表性的实例讲解常用命令, 能够开拓读者思路, 使其掌握方法, 提高对知识综合运用的能力。在学习过程中, 通过循序渐进的练习使读者真正掌握造型设计的技巧。

本书读者对象包括:

- 学习 Pro/E NC 数控加工的初级读者。
 - 具有一定 Pro/E NC 数控加工基础知识的中级读者。
 - 学习机械数控加工的在校大中专学生。
 - 从事产品数控加工的机械工程师及从事自动数控编程的专业人员。
- 本书既可以作为院校机械专业的教材, 也可以作为读者自学的教程, 同时也非常适合



作为专业人员的参考手册。

为了方便读者的学习，本书的配套光盘包含了书中所有实例和练习的源文件，以及用到的素材；对于比较复杂的案例，使用操作视频的形式进行了讲解。相信这些内容对于大家的学习是有帮助的。

本书主要由姜洪奎、张蔚波、苏树朋编著，参与编写的人员还有管殿柱、宋一兵、范文利、吕志杰、逢波、刘辉、宋现春、于复生、董明晓、李凡冰、许向荣、李彦凤、陈继文、张涵、刘增文、周永辉和韩式国等。

感谢您选择了本书，希望我们的努力对您的工作和学习能有所帮助，也希望您将对本书的意见和建议告诉我们。

零点工作室网站地址：www.zerobook.net

零点工作室联系信箱：gdz_zero@126.com

零点工作室

目 录

前言

第 1 章 数控加工基础	1
1.1 Pro/ENGINEER NC 简介	2
1.2 数控加工的现状与未来	2
1.2.1 数控加工的应用和发展现状	3
1.2.2 国内外主要 CAM 软件及应用	3
1.2.3 Pro/E NC 的应用概况	4
1.3 数控加工基础	5
1.3.1 数控机床	7
1.3.2 数控机床的分类	8
1.3.3 数控机床的坐标系	10
1.3.4 工件坐标系的选取	11
1.3.5 加工刀具的选择	12
1.3.6 切削用量的确定	15
1.3.7 起止高度与安全高度	17
1.3.8 刀具半径补偿和长度补偿	18
1.3.9 顺铣与逆铣	18
1.4 数控编程基础	19
1.4.1 数控程序技术	19
1.4.2 数控程序结构	20
1.4.3 常用数控指令	21
1.5 工艺分析与规划	25
1.6 Pro/E NC 模块简介	26
1.6.1 用户界面	26
1.6.2 基本操作	27
1.6.3 Pro/E NC 加工术语	28
1.7 一个简单数控加工实例——凸台的数控加工	30
1.7.1 设计要求	30
1.7.2 加工工艺方案	31
1.7.3 实际步骤	31
1.8 思考与练习	36

第2章 体积块铣削加工	37
2.1 体积块铣削的基础知识	38
2.1.1 体积块铣削的功能和应用	38
2.1.2 工艺分析	39
2.1.3 参数设置	39
2.2 体积块铣削的软件知识	40
2.2.1 加工方法设置	40
2.2.2 确定加工范围	43
2.2.3 体积块铣削加工过程仿真	43
2.3 实例分析	44
2.3.1 齿轮坯锻模	44
2.3.2 标识牌	50
2.4 减速器加工之一——底座的粗加工	56
2.4.1 底座工艺分析	56
2.4.2 底座制造工艺设计	57
2.4.3 底座加工仿真	58
2.5 应用拓展	66
2.5.1 体积块铣削加工中常出现的问题及解决方案	66
2.5.2 工件坐标系的选择	67
2.5.3 体积块铣削加工在高速铣削加工中的应用	67
2.6 思考与练习	68
第3章 轮廓铣削加工	69
3.1 轮廓铣削的基础知识	70
3.1.1 轮廓铣削的功能和应用	70
3.1.2 工艺分析	70
3.1.3 参数设置	70
3.2 轮廓铣削的软件知识	71
3.2.1 加工方法设置	71
3.2.2 确定加工范围	73
3.2.3 轮廓铣削加工过程仿真	74
3.3 实例分析	75
3.3.1 圆弧三角形凸轮的轮廓铣削	75
3.3.2 正六棱台的轮廓铣削	82
3.4 减速器数控加工之二——观察孔盖加工	88
3.4.1 观察孔盖凹槽的轮廓铣削	89
3.4.2 观察孔盖外轮廓的轮廓铣削	95
3.5 应用拓展	101
3.5.1 轮廓铣削加工中常出现的问题及解决方案	101

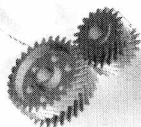
3.5.2 刀具切入、切出工件路径的设计	101
3.6 思考与练习	102
第4章 平面铣削加工	103
4.1 平面铣削的基础知识	104
4.1.1 平面铣削的功能和应用	104
4.1.2 工艺分析	104
4.1.3 参数设置	104
4.2 平面铣削的软件知识	105
4.2.1 加工方法设置	105
4.2.2 确定加工范围	107
4.2.3 平面铣削加工过程仿真	108
4.3 实例分析	109
4.3.1 三角铣槽的平面铣削	109
4.3.2 模具分型面的平面铣削	115
4.4 减速器数控加工之三——结合面加工	121
4.4.1 底座结合面的平面铣削	122
4.4.2 上盖结合面的平面铣削	128
4.5 应用拓展	134
4.5.1 平面铣削加工中常出现的问题及解决方案	134
4.5.2 影响表面加工质量的因素	135
4.6 思考与练习	135
第5章 曲面铣削加工	137
5.1 曲面铣削的基础知识	138
5.1.1 曲面铣削的功能和应用	138
5.1.2 工艺分析	138
5.1.3 参数设置	139
5.2 曲面铣削的软件知识	140
5.2.1 创建铣削曲面	140
5.2.2 确定加工范围	142
5.2.3 加工方法设置	143
5.2.4 曲面铣削加工过程仿真	144
5.3 实例分析	145
5.3.1 人体片段大腿骨外轮廓面的精加工	146
5.3.2 矿泉水瓶吹塑模曲面的精加工	154
5.4 减速器加工之四——轴承孔的曲面加工	160
5.4.1 轴承孔的端面加工	160
5.4.2 轴承孔的加工	167



5.5 应用拓展	170
5.5.1 曲线铣削中的刀具路径规划	170
5.5.2 3 轴刀具路径转化成 5 轴刀具路径	172
5.6 思考与练习	173
第 6 章 钻孔铣削加工	175
6.1 钻孔铣削的基础知识	176
6.1.1 钻孔铣削的功能和应用	176
6.1.2 工艺分析	176
6.1.3 参数设置	176
6.2 钻孔铣削的软件知识	177
6.2.1 加工方法设置	177
6.2.2 确定加工范围	179
6.2.3 钻孔铣削加工过程仿真	179
6.3 实例分析	180
6.3.1 轴承支座的孔加工	180
6.3.2 端盖的钻孔铣削	188
6.4 减速器加工之五——底座连接孔和上盖定位销孔	193
6.4.1 底座连接孔的钻削加工	193
6.4.2 上盖定位销的钻孔铣削	199
6.5 应用拓展	205
6.5.1 钻孔铣削加工中常出现的问题及解决方案	205
6.5.2 刀具轨迹选择和加工效率	206
6.6 思考与练习	206
第 7 章 区域车削加工	207
7.1 车削的基础知识	208
7.1.1 区域车削的功能和应用	210
7.1.2 工艺分析	211
7.1.3 参数设置	213
7.2 区域车削的软件知识	214
7.2.1 车削加工方法设置	214
7.2.2 确定加工范围	216
7.2.3 车削加工过程仿真	220
7.3 实例分析——手柄	221
7.4 减速器数控加工之六——输入、输出轴的区域车削加工	227
7.4.1 输入轴的工艺分析	227
7.4.2 输入轴的轮廓车削	228
7.5 应用拓展	233



7.5.1 车削加工中常出现的问题及解决方案	233
7.5.2 凹槽车削功能及实现	235
7.6 思考与练习	237
第 8 章 轮廓车削加工	239
8.1 轮廓车削的基础知识	240
8.1.1 轮廓车削的功能和应用	240
8.1.2 工艺分析	240
8.1.3 轮廓车削参数设置	241
8.2 轮廓车削的软件知识	242
8.2.1 轮廓车削加工方法设置	242
8.2.2 确定加工范围	244
8.2.3 轮廓车削加工过程仿真	245
8.3 实例分析——手柄的轮廓车削	246
8.4 减速器数控加工之七——输入轴的精加工	249
8.4.1 输入轴的工艺分析	249
8.4.2 输入轴的轮廓车削	249
8.5 应用拓展	259
8.5.1 车削加工中多个工序仿真出现的问题及解决方案	259
8.5.2 螺纹车削功能及实现	261
8.6 思考与练习	263
第 9 章 后处理	265
9.1 后处理的基础知识	266
9.1.1 后处理的功能和组成	266
9.1.2 后处理器	267
9.1.3 机床配置文件的制作	268
9.1.4 后置处理器基本操作	269
9.1.5 后置处理器配置文件的主要参数	273
9.2 后处理的软件知识	284
9.2.1 创建后置处理器	284
9.2.2 应用后置处理器	286
9.3 实例分析	287
9.3.1 车削加工数控生成实例	288
9.3.2 数控铣床系统的后置处理	294
9.4 应用拓展	298
9.4.1 后置处理中常出现的问题及解决方案	299
9.4.2 5 坐标专用机床后置处理	301
9.5 思考与练习	309



第 10 章 数控加工综合实例	311
10.1 全运会徽加工实例	312
10.1.1 会徽模型的建模	312
10.1.2 数控加工机床设置	314
10.1.3 粗加工部分	315
10.1.4 粗加工文字部分	318
10.1.5 图像的精加工	321
10.1.6 文字的精加工	321
10.1.7 后置处理	322
10.2 计算器模具加工实例	324
10.2.1 计算器模具的制造建模	325
10.2.2 底座的粗加工	327
10.2.3 底座的半精加工	329
10.2.4 按键孔的粗加工	332
10.2.5 底座的清角加工	337
10.2.6 按键孔的精加工	339
10.2.7 后置处理加工仿真	344
10.3 思考与练习	346
参考文献	347



第 1 章 数控加工基础

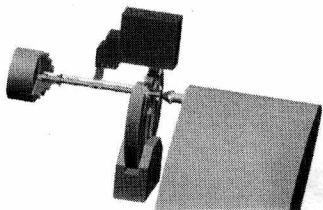


学习目标

了解数控加工和数控编程的基础知识

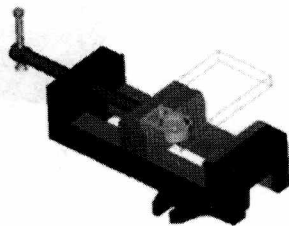
掌握 Pro/E NC 加工的软件操作方法

独立进行简单实例操作



本章主要介绍 Pro/E 数控加工工艺所涉及的基础知识和软件设计方法，目的是让读者对 Pro/ENGINEER 及其数控加工模块有一个大致的了解，为后续的学习做铺垫。

本章首先介绍数控加工技术的现状和未来。然后介绍数控加工技术的基本概念、数控编程的结构以及常用数控指令，使读者对 Pro/E NC 自动编程有了基本认识。最后以一个简单数控加工例子演示使用 Pro/E NC 进行数控加工编程的基本流程。



1.1 Pro/ENGINEER NC 简介

Pro/ENGINEER NC (后面简称 Pro/E NC) 是 Pro/ENGINEER 软件关于数控加工的子模块。Pro/ENGINEER 软件是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, PTC) 的产品。PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关的概念已成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。利用该概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品 Pro/ENGINEER 软件不仅具有三维实体造型、零件设计装配、二维工程图绘制、数控加工、结构分析、运动仿真、模具设计、钣金设计和管路设计等功能,而且还能让所有的用户同时进行同一产品的设计制造工作,即实现并行工程。

Pro/E NC 提供了车削、铣削和钻削等多种切削加工的自动编程功能。在加工环境设置方面,Pro/E NC 可以灵活地对机床和工件坐标系进行设置,在不同工序中设置不同的工件坐标系,便于实现工件的找正装夹,保证加工精度。在建立制造模型方面,Pro/E NC 提供了曲面驱动、实体驱动和特征驱动等 CAM 驱动模型,可以使加工模型的建立和刀具轨迹编辑修改实现参数化。在刀位验证方面,Pro/E NC 提供了动态模拟、实体仿真及过切检查功能。由于 Pro/E NC 的加工环境设置完全符合实际加工,同时可以进行夹具及辅具设置,在进行实体仿真时,能够逼真地模拟加工全过程,得出加工后的工件形貌,同时直接转换到 Vericut 软件中对刀具轨迹进行优化,减少刀具空切与夹具干涉和碰撞,大大提高了切削加工效率。利用 Pro/E NC 系统建立的数控加工模型如图 1-1 所示。

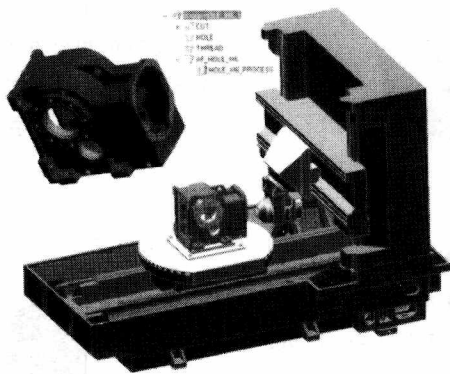


图 1-1 利用 Pro/E NC 系统建立的数控加工模型

1.2 数控加工的现状与未来

数控加工技术集成了计算机技术、自动控制、精密测量和机械设计等新技术,在航空航天、兵器、造船、汽车和模具加工等行业得到越来越广泛的应用。随着科学技术的发展,数控加工的产品精度越来越高,数控加工的效率也越来越高。

1.2.1 数控加工的应用和发展现状

自1952年美国麻省理工学院(MIT)成功研制出第一台数控机床以来,数控机床得到越来越广泛的应用,从而使数控制造技术不断得到提高和改进。

数控系统的发展主要经历了以下5个阶段。

- 第一代数控系统。1952~1959年,采用电子管元件。
- 第二代数控系统。1959年开始,采用晶体管元件。
- 第三代数控系统。1965年开始,采用集成电路。
- 第四代数控系统。1970年开始,采用大规模集成电路及小型通用计算机。
- 第五代数控系统。1974年开始,采用微处理机和微型计算机。

数控技术已经成为现代工业化的象征,目前数控技术及其装备的发展趋势主要有以下几点。

- 高速、高精度加工技术。效率、质量是先进制造技术的主体。高速、高精加工技术可极大地提高效率,提高产品的质量和档次,缩短生产周期和提高市场竞争能力。日本先端技术研究会将其列为5大现代制造技术之一,国际生产工程学会将其确定为21世纪的中心研究方向之一。
- 5轴联动加工和复合加工机床快速发展。采用5轴联动对三维曲面零件的加工,可用刀具最佳几何形状进行切削,不仅光洁度高,而且效率也有大幅度的提高。
- 智能化、开放式、网络化是当代数控系统发展的主要趋势。21世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统。智能化的内容包括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,如加工过程的自适应控制、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、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;还有智能诊断、智能监控方面的内容、方便系统的诊断及维修等。

1.2.2 国内外主要CAM软件及应用

1. CAD/CAM 含义

CAD(计算机辅助设计, Computer Aided Design)是用计算机系统辅助设计、修改、分析和优化参数的现代设计技术。数控编程者在进行数控加工之前必须利用CAD软件进行建模,构建出零件几何形状,为后续的零件加工提供参照。

CAM(计算机辅助制造, Computer Aided Manufacturing)是用计算机来进行生产设备管理控制和操作的过程,它输入的信息是零件的工艺路线和工序内容,输出的信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。利用软件的计算机辅助制造(CAM)功能,可完成工艺方案的制订、切削用量的选择、刀具及其参数的设定。如果指定被加工部位和参考面,程序就自动计算出刀具的加工路径并生成刀位轨迹文件,还可模拟加工状态,显示刀具路径和刀具形状以检验走刀轨迹等。

2. CAM 系统和常用软件

一个典型的计算机辅助制造系统(CAM)由两个部分组成:一是计算机辅助编程系统,二是数控加工设备。计算机辅助编程系统的任务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。它由计算机硬件设备和计算机辅助数控编程软件组成。

计算机辅助数控编程软件即通常所说的 CAM 软件,它是计算机辅助编程系统的核心。它的主要功能包括数据输入输出、加工轨迹计算与编辑、工艺参数设置、加工仿真、数控程序后处理和数据管理等。目前,常用的 CAM 软件种类较多,其基本功能大同小异,并在此基础上发展出各自的特色。现在市场上比较优秀、流行的商品化软件主要有以下几类。

(1) 高端 CAD/CAM 软件

高端 CAM 软件的代表有 Unigraphics、I-DEAS /Pro/ENGINEER、CATIA 等。这类软件的特点是优越的参数化设计、变量化设计及特征造型技术与传统的实体和曲面造型功能结合在一起;加工方式完备,计算准确,实用性强;可以从简单的 2 轴加工到以 5 轴联动方式来加工极为复杂的工件表面,并可以对数控加工过程进行自动控制和优化,同时提供了二次开发工具,允许用户扩展 UG 的功能。这类软件是航空、汽车、造船行业的首选 CAD/CAM 软件。

(2) 中档 CAD/CAM 软件

CIMATRON 是中档 CAD/CAM 软件的代表。这类软件实用性强,提供了比较灵活的用户界面,优良的三维造型、工程绘图,全面的数控加工,各种通用、专用数据接口以及集成化的产品数据管理。

(3) 相对独立的 CAM 软件

相对独立的 CAM 系统有 Mastercam、Surfcam 等。这类软件主要通过中性文件从其他 CAD 系统获取产品几何模型。系统主要有交互工艺参数输入模块、刀具轨迹生成模块、刀具轨迹编辑模块、三维加工动态仿真模块和后置处理模块。这类软件主要应用在中小企业的模具行业。

(4) 国内 CAD/CAM 软件

国内 CAD/CAM 软件的代表有 CAXA-ME、金银花系统等。这类软件是面向机械制造业自主开发的中文界面、三维复杂形面 CAD/CAM 软件,具备机械产品设计、工艺规划设计和数控加工程序自动生成等功能。这些软件价格便宜,主要面向中小企业,符合我国国情和标准,因此受到了广泛的欢迎,赢得了越来越大的市场份额。

1.2.3 Pro/E NC 的应用概况

Pro/ENGINEER 是当今最好的三维设计和制造软件之一,其 NC 加工模块具有强大的加工、后置处理功能。Pro/E NC 为机械工程人员的设计开发工作提供了有利的工具,但由于相互关联菜单复杂,加工种类繁多,可能使刚接触 Pro/E NC 的操作者常常无处下手,或由于操作不当造成不必要的损失。Pro/E NC 的模块分别具有不同的 NC 加工功能,具体应用参考表 1-1。由表 1-1 可以看出,Pro/E NC 提供了数控车削、铣削、钻孔和线切割等数控模块。

表 1-1 Pro/E 模块和相应功能列表

模块名称	执行功能
Pro/E NC-MILL	2.5 轴铣削 3 轴铣削和孔加工
Pro/E NC-TURN	2 轴车削和中心线钻孔 4 轴车削和中心线钻孔
Pro/E NC-WEDM	2 轴车削和 4 轴线切割数控加工
Pro/E NC-ADVANCED	2 轴到 5 轴铣削和孔加工 2 轴到 4 轴车削及孔加工 车铣加工中心上的车削、铣削和孔加工 2 轴车削和 4 轴线切割

1.3 数控加工基础

数控加工的最终目的是根据零件设计的工艺要求，采用手工或自动编程软件编制出控制刀具走刀的路径文件，然后将文件传输到如数控铣床、加工中心等数控加工设备，生产出质量合格的产品。整个工艺加工过程中，数控编程是数控加工过程中最重要、最复杂的工艺过程。

数控编程的最终结果是计算加工过程中刀具走刀的刀位文件(Cutter Location, CL 点)。Pro/E NC 提供了多种加工类型用于各种复杂零件的粗精加工，用户可以根据零件结构、加工表面形状和加工精度要求选择合适的加工类型。对于不同的加工类型，Pro/E NC 的数控编程过程都需经过 CAD 系统建立零件模型、加工工艺分析及规划、完善零件模型、设置加工参数、生成数控刀路、检验数控刀路和生成数控程序 7 个步骤。Pro/E NC 数控编程过程的流程如图 1-2 所示。

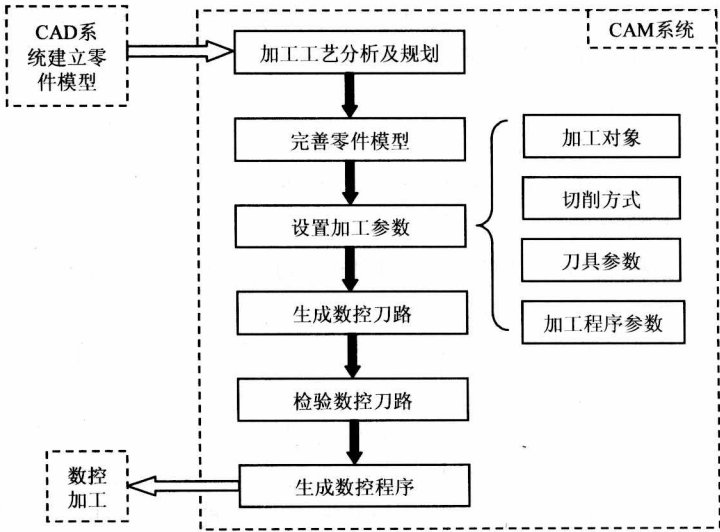


图 1-2 Pro/E NC 数控编程过程的流程

(1) CAD 系统建立零件模型

零件的 CAD 模型是数控编程的前提和基础, Pro/E NC 数控程序的编制必须有 CAD 模型作为参考模型。Pro/E 具有强大的 CAD 建模功能, 用户可以在建模模块中直接建立所需的零件 CAD 模型, 也可以先将其他 CAD 系统所建立的零件模型转换为公共的数据转换格式, 如 iges、step 等, 再导入 Pro/E 中建立零件模型。

(2) 加工工艺分析及规划

加工工艺分析和规划在很大程度上决定了数控程序的质量, 主要是确定加工区域、加工性质、走刀方式、使用刀具、主轴转速和切削进给等项目。加工工艺分析和规划主要包括以下内容。

- ☐ 确定加工对象: 通过对图纸设计模型的分析, 确定工件的哪些部位需要在数控铣床上或者数控加工中心加工。数控加工工艺应该综合考虑各种因素, 如细小的筋板或者异形孔的加工有时候更适合使用电火花加工等其他方式; 而某些加工内容可能使用普通机床有更好的经济性, 如孔的加工可以使用钻床、回转体加工可以用车床来加工。
- ☐ 加工区域规划: 即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分成若干个加工区域。对加工区域进行合理规划, 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: 从粗加工到半精加工、精加工的加工流程规划, 以及加工余量分配。
- ☐ 加工工艺和加工方式确定: 如刀具选择、加工工艺参数和切削方式的选择等。

(3) 完善零件模型

由于 CAD 造型人员设计的零件模型, 只是为数控加工提供了的参考模型, 还要根据最终设计模型确定加工对象和加工区域, 进一步完善加工模型。零件模型的完善通常包括以下内容。

- ☐ 确定坐标系。坐标系是加工的基准, 综合考虑机床类型、夹具等因素, 将坐标系定位在适合机床操作人员确定的位置。
- ☐ 建立退刀 (安全) 曲面。
- ☐ 装配或建立工件 (毛坯)。
- ☐ 构建加工区域。通过建立体积块、铣削窗口等特征, 构建加工区域。

(4) 设置加工参数

参数设置构成了利用 Pro/E NC 进行数控编程的主要操作内容, 直接影响到数控程序质量。参数设置的内容主要有以下几个方面。

- ☐ 设置加工对象: 用户通过交互方式选择被加工的体积块、曲面或其中的加工分区、毛坯和避让区域等。
- ☐ 设置切削方式: 指定刀具路径的类型及相关参数。
- ☐ 设置刀具及机械参数: 针对每一个加工工序选择合适的加工刀具, 并在 Pro/E NC 中设置相应的机械参数, 包括主轴转速、切削进给、切削液控制等。
- ☐ 设置加工程序参数: 包括对进退刀位置及方式、切削用量、行间距、加工余量、