

CAD/CAM模具设计与制造指导丛书



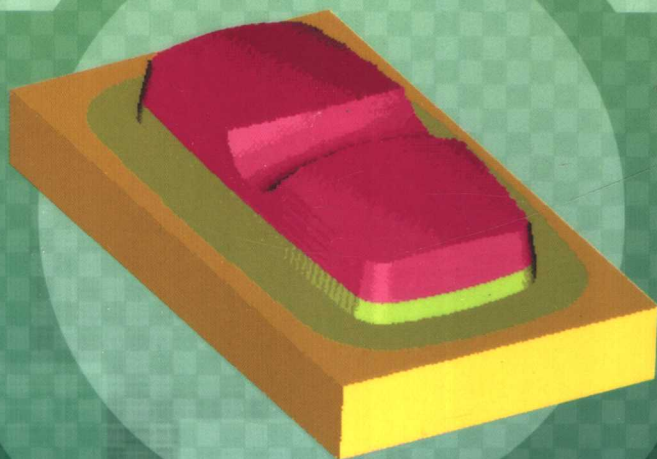
赠多媒体光盘

Pro/ENGINEER

野火中文版

数控编程实用教程

王卫兵 王金生 编著



清华大学出版社

CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书

Pro/ENGINEER 野火中文版数控
编程实用教程

王卫兵 王金生 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书讲授 Pro/ENGINEER 野火中文版的实用数控编程技术。主要包括:利用 CAD/CAM 软件进行三坐标数控铣床(包括加工中心)NC 编程的思路、方法和工艺处理,Pro/ENGINEER 野火中文版的加工模块的基本应用和路径管理,Pro/ENGINEER 野火中文版各种刀轨形式的编程步骤、方法、参数设置和实用技巧,以及数控编程实例等。

本书可作为数控技术人员 CAM 编程的自学教材、大专院校 CAM 专业课程教材以及 CAM 技术的各级培训教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 野火中文版数控编程实用教程/王卫兵,王金生编著. —北京:清华大学出版社,2006.5
(CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书)

ISBN 7-302-12646-1

I. P… II. ① 王… ② 王… III. 数控机床-程序设计-应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire-教材
IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017814 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:许存权

文稿编辑:鲁秀敏

封面设计:范华明

版式设计:王慧娟

印 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:三河市金元印装有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:17.5 字数:384 千字

版 次:2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-12646-1/TP·8083

印 数:1~5000

定 价:29.00 元(附光盘 1 张)

序

随着我国改革开放步伐的进一步加快,中国正逐步成为全球制造业的基地,特别是加入 WTO 后,作为制造业基础的模具行业近年来得到了迅速发展。

模具是工业生产的基础工艺装备,在电子、汽车、电机、电器、仪表、家电和通信等产品中,60%~80%的零部件,都依靠模具成型。国民经济的五大支柱产业机械、电子、汽车、石化、建筑,都要求模具工业的发展与之相适应。模具是“效益放大器”,用模具生产的最终产品的价值,往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。模具生产水平的高低,已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志,在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。因此,我国要从一个制造业大国发展成为一个制造业强国,必须要振兴和发展我国的模具工业,提高模具工业的整体技术水平。同时,模具工业的发展也日益受到人们的重视和关注,国务院颁布的《关于当前产业政策要点的决定》也把模具列为机械工业改造序列的第一位、生产和基本建设序列的第二位。

随着 CAD/CAM、数控加工及快速成型等先进制造技术的不断发展,以及这些技术在模具行业中的普及应用,模具设计与制造领域正发生着一场深刻的技术革命,传统的二维设计及模拟量加工方式正逐步被基于产品三维数字化定义的数字化制造方式所取代。在这场技术革命中,逐步掌握三维 CAD/CAM 软件的使用,并用于模具的数字化设计与制造是其中的关键。

我国模具工业发展前景非常广阔,国内外模具及模具加工设备厂商已普遍看好中国市场。随着对模具设计质量与制造要求的不断提高,以及 CAD/CAM 技术在模具制造业中的大规模推广应用,急需大批熟悉 CAD/CAM 技术应用的模具设计与制造的技术人才。这是企业最为宝贵的财富,也是企业走向世界、提高产品竞争力最根本的基础。而目前这方面的专业人才非常缺乏,据了解,在目前就业形势相当严峻的环境中,我国制造业 CAD/CAM 方面的技术人才却供不应求。为满足这类人才培养的需要,同时也为提高目前从业人员的整体技术水平,我们组织了具有丰富教学、科研经验的高校教师和具有丰富生产实践经验的工程技术人员,共同编写了这套“CAD/CAM 模具设计与制造指导丛书”,以飨广大读者和相关的从业工程技术人员。

编 者

2003 年 12 月 18 日

前言

数控加工是现代制造技术的典型代表，在制造业的各个领域（如航空航天、汽车摩托车、模具、精密机械、家用电器等）有着日益广泛的应用，已成为这些行业中不可缺少的加工手段。伴随着全球制造业向我国逐步转移的发展趋势，对数控加工的需求必将呈现出高速、持续的增长。

Pro/ENGINEER 是当前我国应用最多的 CAD/CAM 软件，它是美国参数科技公司(PTC)的主打产品，在机械设计与制造行业的应用十分广泛。Pro/ENGINEER 野火中文版 2.0 以其易学易用、功能强大和互连互通的实用性，推动整个产品开发机构中个人效率和过程效率的提高，带来以节省时间和成本、提高产品质量为标志的用户利益最大化。

数控编程是一项实践性很强的技术，对软件的使用只是数控编程中的一个部分。虽然市场上的数控编程培训教材种类较多，但真正适用于学习交互式图形编程技术的培训教材却不多见。针对这一现状，我们组织编写了这一数控编程培训教程。本书主要讨论 Pro/ENGINEER 的三轴铣削加工，并按照数控编程的一般步骤和数控编程人员必须具备的知识结构安排内容，主要内容包括以下 6 部分：

第 1 部分，CAM 数控编程的一般步骤；

第 2 部分，数控编程的基础知识和数控编程工艺；

第 3 部分，Pro/ENGINEER 基本操作；

第 4 部分，Pro/ENGINEER 的加工模块应用基础与操作管理；

第 5 部分，Pro/ENGINEER 刀具轨迹的编制，包括各种常用刀轨形式的生成步骤、加工对象选择、程序参数设置、技术要点；

第 6 部分，加工应用实例。

本书重点突出对数控编程中各个参数的讲解，说明该参数的意义、设置方法，并用大量的图形来配合辅助讲解。同时，配合精选的操作案例，以使读者对 Pro/ENGINEER 编程有更深一层的认识，使读者高效率、高质量地完成数控编程实用技术的学习。本书所附的光盘包含了书中所提及的所有实例模型和视频，读者可以在学习过程中参照练习。

在本书中使用了下列标记，表示不同的技术细节，提醒读者特别注意：



提示：对本节相关内容的技术要点进行补充，说明某些细节内容。本书中统一以斜体字表示提示内容。



技巧：说明数控编程的应用技巧，使用该技巧有利于提高程序质量、有利于提高加工效率和编程效率。本书中统一以仿宋体字表示技巧内容。



警告：说明编程时应注意的问题，该内容必须得到足够重视，否则有可能产生严重的后果。如不能生成刀具路径，产生的程序有较高的危险性。本书中统一以黑体字表示警告内容。



个人观点：表示该观点属个人意见，仅供参考。本书中统一以楷体字表示个人观点内容。

在本书中“→”表示对菜单或对话框进行下一步操作，例如：

→弹出“刀具”对话框，选择名称为 D12R6 的刀具，单击“确定”按钮。

→弹出“制造参数”菜单，选择“设置”选项。

本书由卫兵工作室 (<http://guarder.moldinfo.net>) 的众多同仁协作完成。由王卫兵、王金生主编，由郑雪梅、罗永祥、王涛、王福明、吴玲利、王卫仁等共同编著。卫兵工作室成员包括有教授、研究生、工程师及技师、一线机床操作工人。专业编写 CAD/CAM/CAE、模具设计与制造、数控技术等方面的培训教程。秉承一贯的专业精神，卫兵工作室向广大工程技术人员和大专院校师生提供专业、实用、易学的培训书籍，为推动制造业的中国化作出自己的贡献。

由于水平有限，书中错漏之处在所难免，恳请读者对本书中的不足提出宝贵意见和建议，以便我们不断改进。在模具信息网的模具数控论坛 (<http://BBS.moldinfo.net/>) 上开设有 Pro/ENGINEER 专题和数控加工专题，以方便与各位读者进行交流。另外，读者也可以通过 E-mail: guarder@sohu.com 与作者联系。

2006 年 3 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 CAM 编程基本实现过程	1
1.1.1 获得 CAD 模型	2
1.1.2 加工工艺分析和规划	2
1.1.3 CAD 模型完善	3
1.1.4 加工参数设置	4
1.1.5 生成刀具路径	4
1.1.6 刀具路径检验	4
1.1.7 后处理	4
1.2 数控程序的质量和程序员的要求	5
1.2.1 数控程序的质量	5
1.2.2 NC 程序员的要求	5
1.2.3 数控编程的学习	6
1.3 CAD/CAM 软件数控编程功能分析和软件简介	7
1.3.1 CAD/CAM 软件功能	8
1.3.2 常用 CAD/CAM 软件简介	8
1.3.3 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 的特点	9
1.4 关于本书	10
思考与练习题	11
第 2 章 CAM 数控编程基础和加工工艺	12
2.1 数控加工基础知识	12
2.1.1 数控加工基本原理	12
2.1.2 数控机床	16
2.2 数控程序基础	19
2.2.1 数控编程发展简况	19
2.2.2 数控程序的结构	20
2.2.3 常用的数控指令	21
2.2.4 手工编程示例	23
2.3 CAM 数控加工工艺	25

2.3.1 数控加工的工艺特点	25
2.3.2 工艺分析和规划	26
2.3.3 CAM 自动编程的参数设置	28
2.4 数控编程的误差控制	48
2.4.1 刀轨计算误差	48
2.4.2 残余高度的控制	49
2.5 高速铣数控编程概述	53
2.5.1 高速加工的工艺设置	53
2.5.2 高速加工程序的编制要点	54
2.5.3 充分发挥 CAM 软件的高速加工特性	56
思考与练习题	57
第 3 章 Pro/E 的基本操作	58
3.1 启动 Pro/E 进入制造模块	58
3.1.1 启动 Pro/E	58
3.1.2 进入 CAM 制造模块	59
3.2 Pro/E 的工作界面	60
3.3 鼠标键操作	64
3.4 菜单管理器简介	64
3.5 Pro/E 文件管理	65
思考与练习题	68
第 4 章 加工应用基础	69
4.1 Pro/E 生成数控程序的一般步骤	69
4.2 工作机床设置	70
4.3 刀具的选择	73
4.4 操作设置	78
4.4.1 机床选择	78
4.4.2 零点选择	78
4.4.3 退刀设置	79
4.4.4 夹具设置	82
4.5 CL 设置	83
4.6 CL 数据	86
思考与练习题	91
第 5 章 制造模型	92
5.1 基本概念	92

5.2 制造模型创建.....	93
5.2.1 以装配方式创建制造模型.....	93
5.2.2 以创建方式创建工作件模型.....	97
5.3 加工几何模型的设置.....	100
5.3.1 铣削体积块.....	100
5.3.2 铣削曲面.....	107
5.3.3 铣削窗口.....	112
5.3.4 钻孔组.....	118
5.3.5 基准特征.....	122
思考与练习题.....	129
第6章 NC 路径管理.....	130
6.1 加工规划.....	130
6.1.1 加工菜单.....	130
6.1.2 “制造信息”对话框.....	131
6.2 NC 序列规划.....	132
6.2.1 建立 NC 序列.....	132
6.2.2 NC 序列设置.....	133
6.3 演示轨迹.....	135
6.3.1 计算 CL.....	135
6.3.2 屏幕演示.....	135
6.3.3 NC 检测.....	137
6.3.4 过切检测.....	138
6.4 查看序列信息.....	139
6.5 材料切减材料.....	140
6.6 刀具路径后处理.....	141
6.6.1 后处理概述.....	141
6.6.2 后处理操作.....	141
6.6.3 后处理器.....	144
思考与练习题.....	157
第7章 铣削加工方法.....	158
7.1 体积块加工.....	158
7.1.1 序列设置.....	158
7.1.2 制造参数设置.....	160
7.1.3 操作实例.....	165
7.2 局部铣削.....	170

7.2.1	序列设置	171
7.2.2	制造参数设置	173
7.2.3	操作实例	174
7.3	曲面铣削	180
7.3.1	序列设置	180
7.3.2	制造参数设置	190
7.3.3	操作实例	191
7.4	表面加工	196
7.4.1	序列设置	196
7.4.2	制造参数设置	196
7.4.3	操作实例	198
7.5	轮廓加工	201
7.5.1	序列设置	201
7.5.2	制造参数设置	201
7.5.3	操作实例	203
7.6	腔槽加工	206
7.6.1	序列设置	206
7.6.2	制造参数设置	206
7.6.3	操作实例	206
7.7	轨迹加工	209
7.7.1	序列设置	209
7.7.2	制造参数设置	210
7.7.3	操作实例	210
7.8	孔加工	213
7.8.1	序列设置	213
7.8.2	制造参数设置	215
7.8.3	操作实例	217
7.9	刻模加工(雕刻)	218
7.9.1	序列设置	219
7.9.2	制造参数设置	219
7.9.3	操作实例	219
7.10	插削加工	222
7.10.1	序列设置	222
7.10.2	制造参数设置	222
7.10.3	操作实例	223
	思考与练习题	225

第 8 章 模具加工	227
8.1 模具加工的基本知识	227
8.1.1 进入模具型腔设计的工作环境	227
8.1.2 菜单管理器简介	227
8.2 模具模型建立	229
8.3 凸模加工	235
8.3.1 初始设置	235
8.3.2 使用体积块铣削方式对模型进行粗加工	237
8.3.3 使用曲面铣削方式进行半精加工	240
8.3.4 清角加工	243
8.3.5 利用轮廓铣削进行侧壁精加工	245
8.3.6 利用曲面铣削进行顶部精加工	246
8.3.7 分模面精加工	248
8.3.8 模拟切削仿真	249
8.4 凹模加工	250
8.4.1 初始化设置	250
8.4.2 表面铣削	252
8.4.3 使用体积块铣削方式对模型进行粗加工	253
8.4.4 使用体积块铣削方式对模型进行半精加工	255
8.4.5 清角加工	256
8.4.6 使用体积块铣削方式对凹模四壁进行精加工	259
8.4.7 使用曲面加工方式对模型底部进行精加工	260
8.4.8 模拟切削仿真	261
思考与练习题	262
附录 FANUC 数控系统的 G 代码和 M 代码	264

第 1 章 概 述

本章主要内容:

- CAM 编程的基本实现过程
- 数控程序质量控制
- 常用 CAD/CAM 软件的简介
- 本书的特点

1.1 CAM 编程基本实现过程

数控编程技术包含了数控加工与编程、金属加工工艺、CAD/CAM 软件操作等多方面知识与经验,其主要任务是计算加工走刀中的刀位点(简称 CL 点)。根据数控加工的类型,数控编程可分为数控铣加工编程、数控车加工编程、数控电加工编程等,而数控铣加工编程又可分为 2.5 轴铣加工编程、3 轴铣加工编程和多轴(如 4 轴、5 轴)铣加工编程等。3 轴铣加工是最常用的一种加工类型,而 3 轴铣加工编程也是目前应用最广泛的数控编程技术。



提示: 本书中所提及的数控加工或编程,如无特别注明,均指 2.5 轴铣数控加工或编程和 3 轴铣数控加工或编程。

数控编程经历了手工编程、APT 语言编程和交互式图形编程 3 个阶段。交互式图形编程就是通常所说的 CAM 软件编程。由于 CAM 软件自动编程具有速度快、精度高、直观性好、使用简便、便于检查和修改等优点,已成为目前国内外数控加工普遍采用的数控编程方法。因此,在无特别说明的情况下,数控编程一般是指交互式图形编程。交互式图形编程的实现是以 CAD 技术为前提的。数控编程的核心是刀位点计算,对于复杂的产品,其数控加工刀位点的人工计算十分困难,而 CAD 技术的发展为解决这一问题提供了有力的工具。利用 CAD 技术生成的产品三维造型包含了数控编程所需要的完整的产品表面几何信息,而计算机软件可针对这些几何信息进行数控加工刀位的自动计算。因此,绝大多数的数控编程软件同时具备 CAD 的功能,因此称为 CAD/CAM 一体化软件。

由于现有的 CAD/CAM 软件功能已相当成熟,因此使得数控编程的工作大大简化,对编程人员的技术背景、创造力的要求也大大降低,为该项技术的普及创造了有利的条件。事实上,在许多企业从事数控编程的工程师往往仅有中专甚至高中毕业的学历。

目前市场上流行的 CAD/CAM 软件均具备了较好的交互式图形编程功能,操作过程大同小异,编程能力差别不大。不管采用哪一种 CAD/CAM 软件,NC 编程的基本过程及内

容可由图 1-1 表示。

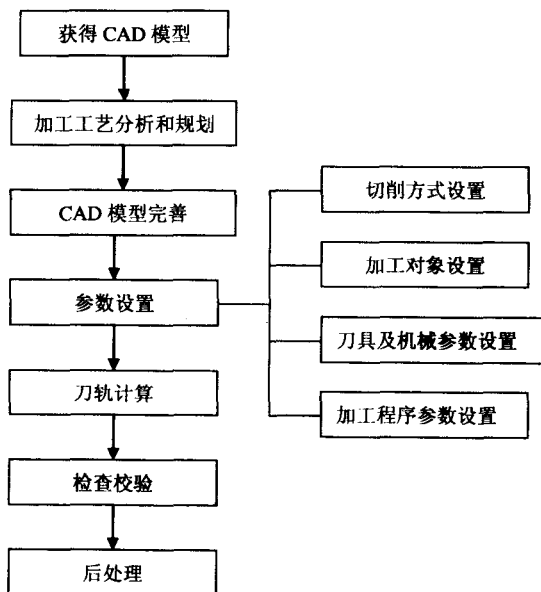


图 1-1 CAM 编程的一般步骤

1.1.1 获得 CAD 模型

CAD 模型是 NC 编程的前提和基础，任何 CAM 的程序编制必须有 CAD 模型为加工对象进行编程。获得 CAD 模型的方法通常有以下 3 种：

(1) 打开 CAD 文件。如果某一文件是已经使用 Pro/E 进行造型完成的，或者已经做过编程的文件，重新打开该文件，即可获得所需的 CAD 模型。

(2) 直接造型。Pro/E 软件本身就是一个功能非常强大，集 CAD/CAM 一体的软件，具有很强的造型，可以进行曲面和实体的造型。对于一些不是很复杂的工件，可以在编程前直接造型。

(3) 数据转换。当模型文件是使用其他的 CAD 软件进行造型时，首先要将其转换成 Pro/E 专用的文件格式（.ELT 文件）。通过 Pro/E 的数据转换功能，可以读取其他 CAD 软件所做的造型文件。Pro/E 提供了常用 CAD 软件的数据接口，并且有标准转换接口，可以转换的文件格式如 IGES、STEP 等。

1.1.2 加工工艺分析和规划

加工工艺分析和规划的主要内容包括：

(1) 加工对象的确定。通过对模型的分析,确定这一工件的哪些部位需要在数控铣床或者数控加工中心上加工。数控铣的工艺适应性也是有一定限制的,对于尖角部位,细小的筋条等部位是不适合加工的,应使用线切割或者电加工来加工;而另外一些加工内容,可能使用普通机床有更好的经济性,如孔的加工、回转体加工,可以使用钻床或车床进行加工。

(2) 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数个加工区域。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。



个人观点:在确定加工对象和加工区域规划或分配时,参考实物可以更直观地进行分析和规划。

(3) 加工工艺路线规划。即从粗加工到精加工再到清根加工的流程及加工余量分配。

(4) 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(刀轨形式)选择等。

在完成工艺分析后,应填写一张 CAM 数控加工工序表,表中的项目应包括:加工区域、加工性质、走刀方式、使用刀具、主轴转速、切削进给等选项。完成了工艺分析及规划可以说是完成了 CAM 编程 80% 的工作量。同时,工艺分析的水平原则上决定了 NC 程序的质量。

1.1.3 CAD 模型完善

对 CAD 模型作适合于 CAM 程序编制的处理。由于 CAD 造型人员更多考虑零件设计的方便性和完整性,并不顾及对 CAM 加工的影响,所以要根据加工对象的确定及加工区域规划对模型作一些完善。通常有以下内容:

(1) 坐标系的确定。坐标系是加工的基准,将坐标系定位于适合机床操作人员确定的位置,同时保持坐标系的统一。

(2) 隐藏部分对加工不产生影响的曲面,按曲面的性质进行分色或分层。这样一方面看上去更为直观清楚;另一方面在选择加工对象时,可以通过过滤方式快速的选择所需对象。

(3) 修补部分曲面。对于有不加工部位存在造成的曲面空缺部位,应该补充完整。如钻孔的曲面,存在狭小的凹槽的部位,应该将这些曲面重新做完整,这样获得的刀具路径规范而且安全。

(4) 增加安全曲面,如边缘曲面进行适当的延长。

(5) 对轮廓曲线进行修整。对于数据转换获取的数据模型,可能存在看似光滑的曲线其实存在着断点,看似一体的曲面在连接处不能相交。通过修整或者创建轮廓线构造出最佳的加工边界曲线。

(6) 构建刀具路径限制边界。对于规划的加工区域,需要使用边界来限制加工范围的,

先构建出边界曲线。

1.1.4 加工参数设置

参数设置可视为对工艺分析和规划的具体实施,它构成了利用 CAD/CAM 软件进行 NC 编程的主要操作内容,直接影响 NC 程序的生成质量。参数设置的内容较多,其中:

- (1) 切削方式设置。用于指定刀轨的类型及相关参数。
- (2) 加工对象设置。是指用户通过交互手段选择被加工的几何体或其中的加工分区、毛坯、避让区域等。
- (3) 刀具及机械参数设置。是针对每一个加工工序选择适合的加工刀具并在 CAD/CAM 软件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。
- (4) 加工程序参数设置。包括对进退刀位置及方式、切削用量、行间距、加工余量、安全高度等。这是 CAM 软件参数设置中最主要的一部分内容。

1.1.5 生成刀具路径

在完成参数设置后,即可将设置结果提交 CAD/CAM 系统进行刀轨的计算。这一过程是由 CAD/CAM 软件自动完成的。

1.1.6 刀具路径检验

为确保程序的安全性,必须对生成的刀轨进行检查校验,检查有无明显刀具路径、有无过切或者加工不到位,同时检查是否会发生与工件及夹具的干涉。校验的方式有:

- (1) 直接查看。通过对视角的转换、旋转、放大、平移直接查看生成的刀具路径,适于观察其切削范围有无越界及有无明显异常的刀具轨迹。
- (2) 手工检查。对刀具轨迹进行逐步观察。
- (3) 实体模拟切削,进行仿真加工。直接在计算机屏幕上观察加工效果,这个加工过程与实际机床加工十分类似。

对检查中发现问题的程序,应调整参数设置重新进行计算,再作检验。

1.1.7 后处理

后处理实际上是一个文本编辑处理过程,其作用是将计算出的刀轨(刀位运动轨迹)以规定的标准格式转化为 NC 代码并输出保存。

在后处理生成数控程序之后,还需要检查这个程序文件,特别对程序头及程序尾部分

的语句进行检查,如有必要可以修改。这个文件可以通过传输软件传输到数控机床的控制器上,由控制器按程序语句驱动机床加工。



个人观点:在上述过程中,编程人员的工作主要集中在加工工艺分析和规划、参数设置这两个阶段,其中工艺分析和规划决定了刀轨的质量,参数设置则构成了软件操作的主体。

1.2 数控程序的质量和程序员的要求

1.2.1 数控程序的质量

NC 程序的质量是衡量 NC 程序员水平的关键指标,其判定标准可归纳为:

- (1) 完备性:即不存在加工残留区域。
- (2) 误差控制:包括插补误差控制、残余高度(表面粗糙度)控制等。
- (3) 加工效率:即在保证加工精度的前提下加工程序的执行时间。
- (4) 安全性:指程序对可能出现的让刀、漏刀、撞刀及过切等不良现象的防范措施和效果。
- (5) 工艺性:包括进退刀设置、刀具选择、加工工艺规划(如加工流程及余量分配等)、切削方式(刀轨形式选择)、接刀痕迹控制以及其他各种工艺参数(如进给速度、主轴转速、切削方向、切削深度等)的设置等。
- (6) 其他:如对机床及刀具的损耗程度、程序的规范化程度等。

在评价 NC 程序质量的各项指标中,有一部分存在着一定程度的矛盾。例如,残余高度决定了加工表面的光洁度,从加工质量来看,残余高度越小,加工表面质量越高,但加工效率就会降低。所以,在进行 NC 编程时,不应片面追求加工效率,而应综合权衡各项指标,在满足产品的质量要求及一定的加工可靠性的基础上提高加工效率。

1.2.2 NC 程序员的要求

高水平的 NC 程序员应当具备以下的条件:

- (1) 掌握一定的基础知识,包括数控机床基本结构、NC 加工基本原理、机械加工工艺及必要的 CAD 基础等。
- (2) 全面地理解和掌握 NC 编程的基本过程和关键技术。
- (3) 熟练运用一种 CAD/CAM 软件。

(4) 有丰富的实际加工经验。有时, 还需要掌握一些相关学科的知识和经验 (如模具等)。

判别一个 NC 程序员水平的依据主要有以下几条:

- (1) NC 程序的质量。
- (2) NC 编程的工作效率。
- (3) NC 编程的可靠性和规范化程度 (包括工艺规划、数据文件管理、保存和交接的规范化程度等)。

为保证程序的质量和可靠性, 在编程工作中应注意以下几点:

(1) 要保持严谨细致的工作作风, 对每个设置参数都应反复确认, 刀轨计算完成后进行必要的检查校验。

(2) NC 编程操作应规范化模式化。即根据企业的特定条件制定出 NC 编程的技术规程, 将各操作环节中具有共性的部分 (如加工工艺、刀具等) 模式化规范化, 可有效提高工作效率和可靠性。

(3) 对重要的加工程序应进行试切检验。

数控编程人员必须掌握数控编程的相关基础知识, 这样一方面有利于学习数控编程软件中相关专业名词的理解, 更为重要的是, 对于数控程序的基础知识的理解可以决定所编程序的加工质量及加工效率。

1.2.3 数控编程的学习

由于 CAD/CAM 技术在国内的应用起步较晚, 因此在国内制造业对数控加工高速增长的需求形势下, 数控编程技术人才出现了严重短缺, 数控编程技术已成为就业市场上的需求热点。

1. 学习 CAM 编程的预备知识

学习数控编程技术, 要求学员首先掌握一定的预备知识和技能, 包括:

- (1) 基本的几何知识 (高中以上即可) 和机械制图基础。
- (2) 基础英语 (高中以上即可)。
- (3) 机械加工常识。
- (4) 基本的三维造型技能。

2. 学习 CAM 编程的基本步骤

数控编程的学习内容和学习过程基本可以归纳为 3 个阶段:

第 1 阶段: 基础知识的学习, 包括数控加工原理、数控程序、数控加工工艺等方面的基础知识。

第 2 阶段: 数控编程技术的学习, 在初步了解手工编程的基础上, 重点学习基于 CAD/CAM 软件的交互式图形编程技术。

第 3 阶段: 数控编程与加工练习, 包括一定数量的实际产品的数控编程练习和实际加