



Cimatron E数控编程实用教程

(第2版)

王卫兵 编 著

● 买例操作视频讲解

教学资源在线下载

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



清华大学出版社

高职高专先进制造技术规划教材

Cimatron E 数控编程实用教程

(第2版)

王卫兵 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书讲授 Cimatron E 的三维造型与数控编程技术, 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)的 NC 编程基础知识、思路、方法和工艺处理; Cimatron E 的草图设计与实体建模、曲线与曲面设计、分模设计、2.5 轴加工与钻孔加工、体积铣、曲面铣与流线铣、局部精细加工等各种加工类型的数控铣刀具路径的生成步骤、参数设置及实用技巧、编程实例等。本书以 Cimatron E8 为蓝本进行讲解, 重点突出对 Cimatron E 三维造型与数控铣编程中各个参数的意义及设置方法的说明, 并以大量的图形来配合辅助讲解。同时, 配合精选的编程实例, 使读者对 Cimatron E 软件的应用有更深一层的认识, 以高效率、高质量地完成数控编程实用技术的学习。

本书在《Cimatron E 6.0 数控编程实用教程》的基础上进行改版, 集多所学校和培训机构的教学经验于一体, 内容更为全面、实用。

本书可作为数控编程人员 CAD/CAM 技术的自学教材和参考书, 也可作为 Cimatron 应用各级培训教材以及高职高专相关专业的教学用书。

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

Cimatron E 数控编程实用教程/王卫兵编著. —2 版. —北京: 清华大学出版社, 2011.1

(高职高专先进制造技术规划教材)

ISBN 978-7-302-23932-1

I. ①C… II. ①王… III. ①数控机床—程序设计—应用软件, Cimatron E—高等学校: 技术学校—教材
IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 195609 号

责任编辑: 许存权 朱 俊

封面设计: 刘 超

版式设计: 魏 远

责任校对: 王 云

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: 北京嘉实印刷有限公司

装 订 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 22.25 字 数: 511 千字

(附 DVD 光盘 1 张)

版 次: 2011 年 1 月第 2 版

印 次: 2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 39.80 元

产品编号: 035018-01

前言

《Cimatron E 6.0 数控编程实用教程》自出版以来,受到了广大院校师生与读者的欢迎,并进行了多次重印。随着 CAD/CAM 技术的发展, Cimatron E 软件也不断推出新的版本,这些新版本更新了用户界面,增加了部分功能。为满足读者需求,笔者对《Cimatron E 6.0 数控编程实用教程》进行改编形成本书,本书适用于 Cimatron E 6.0 以上的各版本,同时对内容做了更新。改编主要包括以下几个方面:

- 📖 根据软件版本的变化,采用新版本的操作界面进行介绍,并介绍软件的新增功能。
- 📖 增加应用实例,通过实例进一步掌握相关知识。
- 📖 增加曲线与曲面设计、分模设计等应用性较强的功能介绍。
- 📖 在每一章增加练习题及实训参考题。
- 📖 删减了部分理论性较强的内容,突出实践性的内容。
- 📖 重点介绍新 NC 策略的应用,简化传统加工方式的介绍。

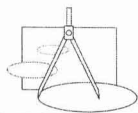
数控加工是现代制造技术的典型代表,在制造业的各个领域,如航空航天、汽车摩托车、模具、精密机械、家用电器等都有着日益广泛的应用,已成为这些行业中不可缺少的加工手段。伴随着全球制造业向我国逐步转移的发展趋势,对数控加工的需求必将呈现出高速、持续的增长,人才市场急需一批既懂得 CAD 设计又熟悉 CAM 编程的专业人才。

本书主要讨论 Cimatron E 的 3 轴铣削加工以及为编程准备的三维零件造型功能,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本书内容,主要包括以下 3 部分。

- 📖 第 1 部分: CAM 数控编程的基础知识和数控编程工艺, Cimatron 软件的基本操作。
- 📖 第 2 部分: Cimatron E 的零件设计。通过该部分学习零件的三维造型相关功能,包括草图设计、实体建模、曲线与曲面设计、分模设计等零件设计相关内容。
- 📖 第 3 部分: Cimatron E 编程。通过该部分学习如何创建数控加工程序,包括 2.5 轴加工与钻孔加工、体积铣、曲面铣与流线铣、局部精细加工等各种加工类型的数控铣刀具路径的生成步骤、加工对象选择、刀路参数设置、技术要点和编程相关知识。

本书以大量的图形来配合辅助讲解相关的选项与参数。同时,配合精选的造型与编程实例,使读者对 Cimatron E 软件应用能有更深一层的认识,以高效率、高质量地完成数控编程实用技术的学习。本书所附的光盘中包含了书中所提及的所有实例的模型文件与配音视频教程,另外还附赠了来源于《Cimatron E8 中文版三维造型与数控编程视频教程》的 40 个有针对性的练习素材,读者可以在学习过程中参照练习。

本书作者长期在模具企业一线从事设计与数控编程工作,在实践中积累了大量的经验



和技巧。在书中使用了专家提示标记表示不同的提示信息、使用技巧、警告等技术细节，提醒读者特别注意。

本书由王卫兵主编，王金生、王福明、王卫仁、林跃、吴玲利、梁海红、袁丽青、吴丽萍、周红芬、郑明富等共同编著。由于编者水平有限，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。读者可以通过 E-mail: wbcax@sina.com 与作者联系。

王卫兵

目 录

第 1 章 绪论 1

1.1 CAD/CAM 软件的交互式

编程的基本实现过程 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 3

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 编制高质量的数控程序 4

1.3 CAD/CAM 软件数控编程功能

分析及软件简介 5

1.3.1 CAD/CAM 软件功能 6

1.3.2 常用 CAD/CAM 软件简介 6

1.3.3 Cimatron E 的特点 7

1.4 数控加工基础 9

1.4.1 数控加工基本原理 9

1.4.2 数控机床 12

1.5 数控程序基础 16

1.5.1 数控编程发展简况 16

1.5.2 数控程序的结构 16

1.5.3 常用的数控指令 17

1.5.4 手工编程示例 19

1.6 CAM 数控加工工艺 21

1.6.1 数控加工的工艺特点 21

1.6.2 工艺分析和规划 22

1.7 CAM 自动编程的工艺设计 23

1.7.1 切削方式设置 24

1.7.2 加工对象及加工区域的设置 31

1.7.3 刀具的选择及参数设置 32

1.7.4 切削用量的选择与计算 35

1.7.5 通用工艺参数选项 37

1.8 高速铣数控编程概述 40

1.8.1 高速加工的工艺设置 41

1.8.2 高速加工程序的编制要点 42

1.8.3 充分发挥 CAM 软件的高速

加工特性 44

思考与练习 45

第 2 章 Cimatron 应用入门 46

2.1 Cimatron 的基本操作 46

2.1.1 Cimatron E 的文件操作 46

2.1.2 Cimatron E 的工作界面 47

2.1.3 鼠标的使用 48

2.1.4 屏幕显示操作 48

2.1.5 物体选择 49

2.2 特征向导与特征树 52

2.2.1 特征向导 52

2.2.2 特征树 53

2.2.3 集合 55

2.2.4 M-视图 56

2.3 Cimatron 编程基础 57

2.3.1 进入编程加工窗口 57

2.3.2 工作模式 58

2.3.3 Cimatron E 编程的基本步骤 58

2.4 辅助工具 61

2.4.1 显示与隐藏 61

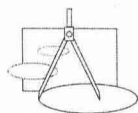
2.4.2 显示属性 63

2.4.3 测量 63

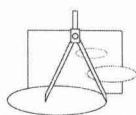
2.5 基准 65

2.5.1 基准面 65

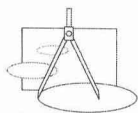
2.5.2 基准轴 67



2.5.3 用户坐标系	69	4.3 其他实体创建方法	115
2.5.4 方向	72	4.3.1 旋转	115
2.6 入门示例	73	4.3.2 导动	117
2.6.1 创建实体模型	73	4.3.3 放样	118
2.6.2 数控编程	76	4.3.4 扫描	118
思考与练习	82	4.4 工程特征设计	118
第3章 草图绘制	83	4.4.1 圆角	118
3.1 草图基础	83	4.4.2 圆角-曲面	121
3.1.1 草图设计环境	83	4.4.3 斜角	121
3.1.2 退出草图	84	4.4.4 删除&延伸	122
3.2 草图曲线绘制	84	4.4.5 拔模	122
3.2.1 直线	84	4.4.6 抽壳	123
3.2.2 矩形	85	4.4.7 比例缩放	124
3.2.3 圆与圆弧	86	4.4.8 打孔	124
3.2.4 其他绘图工具	87	4.5 实体操作	125
3.3 草图曲线编辑	88	4.6 特征编辑	127
3.3.1 裁剪	88	4.7 移动与复制	128
3.3.2 裁剪/延伸	89	4.7.1 移动几何体	128
3.3.3 圆角过渡	89	4.7.2 复制几何体	130
3.3.4 偏移	91	4.7.3 复制特征	132
3.3.5 草图变换	92	4.7.4 删除几何	133
3.4 尺寸	93	4.8 实体建模示例	133
3.5 草图约束	95	思考与练习	141
3.5.1 增加约束	95	第5章 曲线与曲面设计	142
3.5.2 约束过滤器	98	5.1 组合曲线	142
3.5.3 删除约束	99	5.2 空间曲线绘制	144
3.6 其他草图工具	99	5.2.1 点	144
3.7 草图示例	101	5.2.2 直线	145
思考与练习	106	5.2.3 圆	147
第4章 实体建模	107	5.2.4 样条线与螺旋线	150
4.1 新建、增加与删除	107	5.2.5 文本	150
4.2 拉伸特征的创建	108	5.3 曲线编辑	151
4.2.1 拉伸实体创建步骤	108	5.3.1 延伸	151
4.2.2 拉伸的截面选择	109	5.3.2 偏移	152
4.2.3 拉伸增量设置	110	5.3.3 圆角过渡	153
4.2.4 拉伸实体的方向设置	113	5.3.4 断开与裁剪	154
4.2.5 拔模角	114	5.4 曲面曲线	154



5.4.1 相交	154	思考与练习	198
5.4.2 最大轮廓线	155	第 7 章 2.5 轴加工	199
5.4.3 曲面曲线	155	7.1 2.5 轴基础	199
5.4.4 投影	157	7.1.1 2.5 轴加工简介	199
5.5 绘制曲面	158	7.1.2 2.5 轴加工程序创建	201
5.5.1 扫掠曲面	158	7.2 数控编程基础	203
5.5.2 旋转曲面	159	7.2.1 刀具的创建	203
5.5.3 导动曲面	160	7.2.2 零件与毛坯的创建	208
5.5.4 混合曲面	161	7.2.3 程序管理器	211
5.5.5 边界曲面	161	7.3 公用刀路参数设置	213
5.5.6 网格曲面	162	7.3.1 进刀和退刀	214
5.5.7 扫描曲面	162	7.3.2 安全平面	215
5.6 组合曲面与缝合	162	7.3.3 进刀和退刀点	217
5.7 过渡曲面	163	7.3.4 边界设置	219
5.7.1 圆角面	163	7.3.5 精度和曲面偏移	219
5.7.2 3 面倒圆	165	7.3.6 毛坯管理与卡头检查	220
5.7.3 偏移曲面	166	7.3.7 优化	220
5.7.4 延伸曲面	167	7.3.8 刀具和卡头	220
5.7.5 断开	167	7.4 机床参数	221
5.7.6 裁剪	167	7.5 2.5 轴加工的轮廓选择	223
5.8 曲线、曲面实体设计示例	169	7.5.1 轮廓参数	223
思考与练习	178	7.5.2 轮廓线的选择	226
第 6 章 分模设计	180	7.6 型腔铣削	227
6.1 分模设计基础	180	7.6.1 平行切削	227
6.1.1 分模工作环境	180	7.6.2 环切	231
6.1.2 分模的一般步骤	181	7.6.3 毛坯环切	232
6.2 快速断开	182	7.6.4 精修壁面	234
6.2.1 设置分模方向	182	7.7 轮廓铣	234
6.2.2 快速断开创建分模面	185	7.7.1 轮廓铣的零件选择	234
6.2.3 分模属性	185	7.7.2 轮廓铣的刀路参数	237
6.2.4 附加曲面	186	7.8 钻孔加工	241
6.2.5 分析拔模角	186	7.8.1 点的选择	242
6.3 分模线与分模面	187	7.8.2 钻孔加工刀具与机床 参数	244
6.3.1 分模线	187	7.8.3 钻孔加工刀路参数设定	245
6.3.2 分模曲面	188	7.9 2.5 轴与钻孔加工示例	248
6.4 工具	189	7.9.1 初始设置	248
6.5 激活工具	191	7.9.2 创建型腔铣削-环切	249
6.6 分模设计实例	192		



7.9.3 创建型腔铣削-平行切削	252	9.7.1 清根铣	308
7.9.4 创建封闭轮廓铣	254	9.7.2 笔式铣	312
7.9.5 创建钻孔加工程序	256	9.8 曲面铣加工实例	313
思考与练习	259	9.8.1 精铣所有的半精加工程序 创建	313
第8章 体积铣加工	260	9.8.2 根据角度精铣的精加工程序 创建	316
8.1 体积铣简介	260	9.8.3 精铣所有的清角加工程序 创建	319
8.2 体积铣加工程序的创建	262	9.8.4 精铣水平区域的平面精加工 程序创建	320
8.3 体积铣的零件选择	263	9.8.5 开放轮廓铣的标记雕刻加工 程序创建	321
8.4 粗加工平行铣的刀路参数	265	9.8.6 3轴瞄准曲面流线铣的凹槽 加工程序创建	323
8.4.1 进刀和退刀点	266	思考与练习	327
8.4.2 精度和曲面偏移	267	第10章 加工工具	328
8.4.3 粗加工平行铣的刀路轨迹 参数	267	10.1 刀轨檢視工具	328
8.4.4 体积铣的进阶刀路参数	269	10.1.1 刀轨过滤	328
8.4.5 体积铣的机床参数	272	10.1.2 导航器	329
8.5 粗加工环行铣	272	10.1.3 高级仿真	330
8.6 二次开粗	277	10.1.4 剩余毛坯	331
8.7 体积铣加工应用示例	277	10.2 刀轨编辑	332
思考与练习	284	10.3 后置处理	334
第9章 曲面铣	285	10.4 NC 报告	335
9.1 精铣所有	285	10.5 刀路轨迹移动与复制	336
9.1.1 精铣所有曲面铣的创建	287	10.5.1 移动刀路轨迹	336
9.1.2 曲面铣的加工对象	288	10.5.2 复制刀路轨迹	337
9.1.3 精铣所有的刀路参数设置	289	10.6 加工模板应用	339
9.2 根据角度精铣	291	思考与练习	340
9.3 精铣水平区域	293	附录A 数控系统的准备功能 G 代码 和辅助功能 M 代码	341
9.4 开放轮廓铣与封闭轮廓铣	294	附录B Cimatron E & Cimatron it 3轴加工对照表	344
9.5 流线铣	295	参考文献	346
9.5.1 3轴瞄准曲面流线铣	296		
9.5.2 3轴零件曲面流线铣	300		
9.5.3 3轴直线曲面流线铣	304		
9.6 轮廓铣	306		
9.6.1 3轴铣曲线的加工对象选择	306		
9.6.2 3轴铣曲线的刀路参数 设置	307		
9.7 局部精细加工	308		

第1章 绪论

本章主要内容:

- ▣ CAD/CAM 软件的交互式编程的基本实现过程
- ▣ 常用 CAD/CAM 软件简介与 Cimatron E 的特点
- ▣ 数控加工与数控程序基础
- ▣ CAM 自动编程的工艺设计

在学习 Cimatron 软件应用之前或者在学习过程中,需要了解一些 CAD/CAM 软件的常识、数控加工与数控程序的基础知识,特别需要了解在 CAM 数控编程中需要应用到的数控加工工艺知识,并在学习应用过程中不断积累与提高。

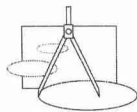
1.1 CAD/CAM 软件的交互式编程的基本实现过程

数控编程技术包含了数控加工与编程、金属加工工艺、CAD/CAM 软件操作等多方面的知识,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、数控车加工编程和数控电加工编程等,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 轴铣加工编程是目前应用最广泛的数控编程技术。

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学历。

目前,市场上流行的 CAD/CAM 软件均具备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。

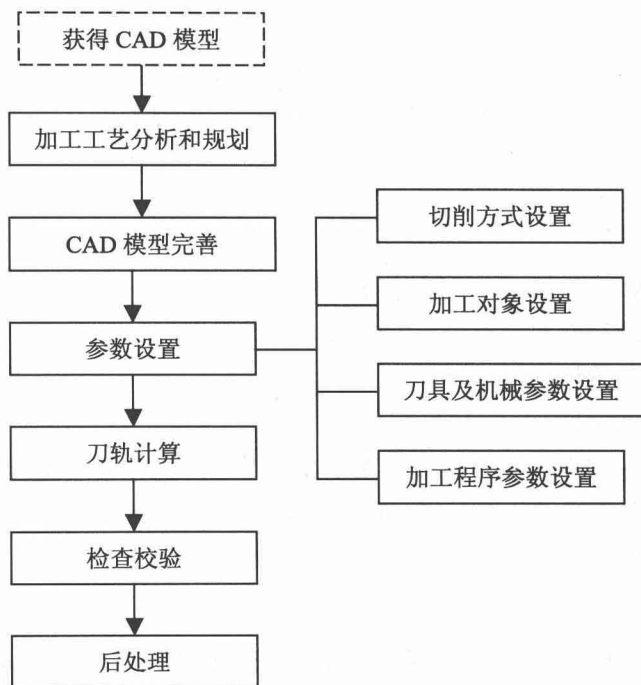


图 1-1 CAM 编程的一般步骤

1.1.1 获得 CAD 模型

CAD 模型是 NC 编程的前提和基础,任何 CAM 程序的编制必须以 CAD 模型为加工对象。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 UG 造型完毕的,或者是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: 某些 CAD/CAM 软件,如 UG、Cimatron 本身就是一个功能非常强大的 CAD/CAM 一体化软件,具有很强的造型功能,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。

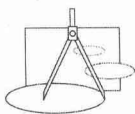
(3) 数据转换: 当模型文件是使用其他的 CAD 软件进行造型时,首先要将其转换成 UG 专用的文件格式 (.PRT 文件)。通过 UG 的数据转换功能,可以读取其他 CAD 软件所做的造型。UG 提供了常用 CAD 软件的数据接口,并且有标准转换接口,可以转换的文件格式有 IGES、STEP 等。

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以下 4 点。

(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加工。数控铣的工艺适应性也是有一定限制的,尖角、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、回转体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。



专家指点: 在进行加工对象确定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) 加工工艺流程规划: 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、主轴转速及切削进给等。完成了工艺分析及规划可以说是完成了 CAM 编程 80% 的工作。同时, 工艺分析的水平原则上决定了 NC 程序的质量。

1.1.3 CAD 模型完善

对 CAD 模型做适合于 CAM 程序编制的处理。由于 CAD 造型人员更多的是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的规划对模型做一些完善, 通常有以下几个方面的内容。

(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地选择所需对象。

(3) 修补部分曲面。对于由不加工部位存在造成的曲面空缺部位, 应该补充完整。例如, 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, 如对边缘曲面进行适当的延长。

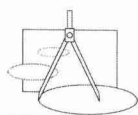
(5) 对轮廓曲线进行修整。对于数据转换获取的数据模型, 看似光滑的曲线可能存在断点, 看似一体的曲面在连接处却不能相交, 此时, 就要通过修整或者创建轮廓线构造出最佳的加工边界曲线。

(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, 主要包括如下 4 点。





- (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、切削进给及切削液控制等。
- (4) 加工程序参数设置：包括进退刀位置及方式、切削用量、行间距、加工余量、安全高度等的设置，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给 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。校验的方式有如下 3 种。

(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和检验。

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。

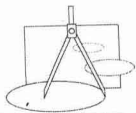
在后处理生成数控程序之后，还需要检查这个程序文件，特别要对程序头及程序尾部的语句进行检查，如有必要可以修改。这个文件可以通过传输软件传输到数控机床的控制器上，由控制器按程序语句驱动机床加工。

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 编制高质量的数控程序

1. NC 程序的质量判断

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如下几点。



(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。

2. 数控程序人员的基本要求

为了编制高质量的数控加工程序,数控编程人员必须掌握一定的与数控加工相关的基础知识,包括数控加工原理、数控机床结构、分类及机床坐标系等。作为一名数控编程工程师,有必要掌握一定的手工编程知识,包括程序结构和常用数控指令,这对于理解数控自动编程、后置处理等均有帮助。数控加工工艺分析和规划将影响数控加工的加工质量和加工效率,因此,工艺分析和规划是数控编程的核心工作。在 CAM 自动编程中,对数控工艺的分析和规划主要包括加工区域的划分与规划、刀轨形式与走刀方式的选择、刀具及机械参数的设置、加工工艺参数的设置。

3. CAM 编程的学习

交互式图形编程技术的学习,也就是我们常说的 CAM 编程的要点包括以下 3 个方面:

(1) 学习 CAD/CAM 软件应重点把握核心功能的学习,因为 CAD/CAM 软件的应用也符合所谓的“20/80 原则”,即 80% 的应用仅需要使用 20% 的功能。

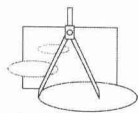
(2) 培养标准化、规范化的工作习惯。对于常用的加工工艺过程,应进行标准化的参数设置,并形成标准的参数模板,在各种产品的数控编程中尽可能直接使用这些标准的参数模板,以减少操作复杂度,提高可靠性。

(3) 重视加工工艺的经验积累,熟悉所使用的数控机床、刀具、加工材料的特性,以便使工艺参数的设置更为合理。

1.3 CAD/CAM 软件数控编程功能分析及软件简介

CAD/CAM 软件发展到今天,已经变得相当成熟。各种 CAD/CAM 软件的功能十分繁杂多样,而且大多数软件所提供的核心功能基本上是相同的,只要掌握了这些基本功能,





加上良好的操作习惯和一定的工艺经验,就完全能够编制出优良的数控程序。

1.3.1 CAD/CAM 软件功能

对于2轴及3轴数控铣加工,在此将现有CAD/CAM软件所提供的基本功能组成进行概括的分类。

(1) 三维造型功能:如前所述,加工表面的几何信息是CAD/CAM软件进行加工刀轨计算的依据。因此CAD/CAM软件至少能够提供基本的曲面造型功能。

(2) 参数管理:参数(如加工对象、刀具参数、加工工艺参数等)的设置是交互式图形编程的主要操作内容,因此也是CAD/CAM软件数控编程的主要功能组成部分,包括参数输入、修改、管理、优化等。

(3) 刀位点计算:根据用户设定的加工参数和加工对象计算出刀位点,由于刀位点计算是数控编程中最重要和最复杂的工作环节,因此它也是利用CAD/CAM软件进行交互式图形编程的最明显的优势。

(4) 仿真:以图形化的方式直观、逼真地模拟加工过程,以检验所编制的NC程序是否存在问题。

(5) 刀轨的编辑和修改:提供多种编辑手段(如增加、删除、修改刀轨段等),使用户对编制的数控刀轨进行修改。

(6) 后处理:CAD/CAM软件计算出的刀轨包含了大量刀位点的坐标值,后处理的作用就是将这些刀位点坐标值按标准的格式“填写”到数控程序中,得到程序主体的内容,它实际上是一个文字处理过程。当然,还需要在程序的开头和结尾加上一些辅助指令,如在程序开始加上冷却液开、在程序结束部分加上冷却液关等。

(7) 工艺文档生成:将机床操作人员所需要的工艺信息(如程序名称、加工次序、刀具参数等)编写成标准、规范的文档。这一功能虽然简单,但它对保证编程人员与机床操作人员的配合,避免失误有重要的作用。

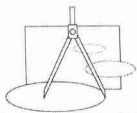
1.3.2 常用CAD/CAM软件简介

目前,CAD/CAM软件种类繁多,基本上都能够很好地承担交互式图形编程的任务。下面仅对最常见的几种软件进行简单的介绍。

(1) Unigraphics (UG):属于EDS公司,是世界上处于领先地位的、最著名的几种大型CAD/CAM软件之一,具有强大的造型能力和数控编程能力,功能繁多。最新版本为UG NX7。

(2) Cimatron:属于以色列Cimatron公司,该软件具有功能齐全、操作简便、学习简单、经济实用的特点,受到小型加工企业特别是模具企业的欢迎,在我国有广泛的应用。最新版本为Cimatron it 13和Cimatron E9。其中Cimatron E是基于Windows平台开发的。

(3) MasterCAM:是美国CNC Software公司研制开发的CAD/CAM系统,它从一开始就是在Windows平台下开发的软件,分成DESIGN设计模块、MILL铣床加工模块、LATHE车床加工模块和WIRE线切割加工模块,也是一种简单易学、经济实用的小型



CAD/CAM 软件。

(4) **CAXA 制造工程师**：是我国北京数码大方科技有限公司开发的一款 CAD/CAM 软件，作为国产 CAD/CAM 软件的代表，充分考虑中国特色，符合国内工程师的操作习惯、高效易学（宣称“1 天会编程”），为数控加工行业提供了从造型、设计到加工代码生成、加工仿真、代码校验等一体化的解决方案，支持 2~5 轴的数控加工中心编程。

其他常用的 CAD/CAM 软件还包括法国达索公司的 CATIA、Delcam 的 PowerMILL、PTC 公司的 Pro/E、HZS 公司的 Space-E 等，本书就不再一一介绍了。

1.3.3 Cimatron E 的特点

Cimatron E 是专门针对工模具行业设计开发的 CAD/CAM 软件。Cimatron E 包括一套超强的、卓越的、易于使用的 3D 设计工具。该工具融合了线框造型、曲面造型和实体造型，允许用户方便地处理获得的数据模型或进行产品的概念设计。

Cimatron E 提供了一套集成的模具设计工具，帮助用户实现模具的分型设计、进行设计变更的分析与提交、生成模具滑块与嵌件、完成工具组件的详细设计和电极设计。

针对模具的制造过程，Cimatron E 支持具有高速铣削功能的 2.5~5 轴铣削加工、基于毛坯残留知识的加工和自动化加工模板，所有这些大大减少了数控编程和加工时间。Cimatron E 让用户工作在一个集成的环境中，NC 文档包含完整的 CAD 功能，并以交互式的 NC 向导条引导用户完成整个 NC 过程。

作为世界知名的 CAD/CAM 系统，Cimatron 在数控编程方面一直处于世界公认的领先地位，主要体现在以下几个方面。

1. 先进的加工功能

(1) 粗加工功能

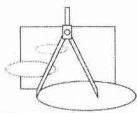
Cimatron 的 WCUT（业界公认的最优秀的）粗加工功能不仅可以高效地完成开粗工作，而且具有先进的层间加工能力，即在开粗的每一层上存在着斜面。如果为了最大效率地完成粗切（切削深度比较大），必然在斜面上存在较大的台阶，这对下一步的精加工是不利的（如刀具载荷过大、磨损严重、对机床也存在冲击和加工的表面质量差等）。Cimatron 的自动层间加工功能自动地对两层间的台阶实现再加工，解决了上述存在的问题，可以得到原来必须繁琐地使用传统方法才能达到的加工效果。

(2) 精加工功能

Cimatron 的精加工功能的独到之处在于既有通常的沿表面光刀的加工方法，又有先进的区域识别能力，即对零件的形状可以进行有效的斜率分析。在一个加工过程内部可以实现对垂直区域的等高线加工和对平坦区域实现沿表面光刀的加工，这些都可提高加工的效率和加工的质量。

(3) 精细加工技术

Cimatron 在精细加工方面功能丰富，提供了自动清根功能，能对零件进行区域识别和计算，自动检测需要清根的区域，并对垂直区域和平坦区域的清根采用不同的加工策略。



对平坦区域采用沿零件拐角的轮廓式清根，对垂直区域采用等高线式清根。在前道工序留有较大余量的情况下，实现了具有针对性的加工策略，有效地保护了刀具，保证了加工结果的优良性。

2. 基于智能的加工

Cimatron 系统具有很强的智能性，在根据三维模型进行数控编程时，会考虑模型的特点和当前的加工状况，如刀具的类型等特点，自动合理地调整刀路轨迹的生成，使刀路轨迹更合理、更安全、更高效。Cimatron 具有丰富的优化功能，包括自动地去除空走刀、实现特定深度的加工编程及在刀具过载的情况下进行自动的分层（分多刀）加工。

Cimatron 是一个面向对象的编程系统，也是一个可以针对特定表面进行加工的系统。面向对象的编程，方便了加工编程的几何对象的定义，提高了技术人员编程的效率。针对特定表面的单独加工使得编程人员对特定区域的编程非常灵活，只要选择要加工的曲面，就可以得到所需要的加工轨迹，避免了像其他系统那样呆板、繁琐。

加工方法的灵活性还体现在工艺参数的设定上。在 Cimatron 中，工艺参数的设定可以采用参数化的方法完成，如在设定加工高度和加工的最深位置时，这些和零件几何相关的信息不需要用户去测量零件上点的坐标再根据测量结果输入数值，而可直接设定为系统的参数变量（Maxpz 和 Minpz）。

3. 基于毛坯残留知识的加工

基于毛坯残留知识的加工是 Cimatron 系统的特色。Cimatron 支持完全的基于毛坯残留知识的加工，使得系统在进行数控编程的计算时，能实时知道当前的毛坯状况，从而能自动地去除空走刀，进行真实的刀具卡头的干涉检查（采用卡头信息与零件上残留毛坯的校验，而不是与零件的理论模型进行校验），可以实现二次粗加工和进行刀具载荷的分析与优化，避免刀具过载并保护刀具，也使得加工轨迹更安全。特别是可以定义有形状的毛坯，这对于有特定形状零件的单件加工非常有效，因为 Cimatron 系统根据特定形状的毛坯只在有毛坯的地方产生刀路轨迹，不会像别的系统那样出现大量空走刀的现象而需要手工编辑、修改密密麻麻的刀路轨迹，不仅不方便，而且容易出错。另外，任何一道工序的完成，系统都清楚地知道当前加工结果的毛坯残留状况，如果毛坯存储后给其他编程人员作为下一步编程的基础，便可以有效地实现协同工作。

4. NC 的自动化加工

Cimatron 的自动化加工功能非常完善和优秀，可以根据不同的加工策略收集和积累典型的工艺过程及其参数而形成加工模板。该模板是根据使用单位的具体情况生成的，也是实际加工经验的总结。该加工模板具有参数化自适应的功能，对已有加工模式的任何修改和与修改相关的其他工艺参数都能够随之修改，具有很好的适应性。加工的自动化技术将提高今后数控编程的效率与安全合理性。

以模具零件产品为例，单件小批量是其主要特点，有些零件（如叶片）形状和大小虽然不同，但所用材料及加工工艺是相同或类似的，则可以利用加工模板极大地缩短编程时间，提高工作效率，减少出错率。