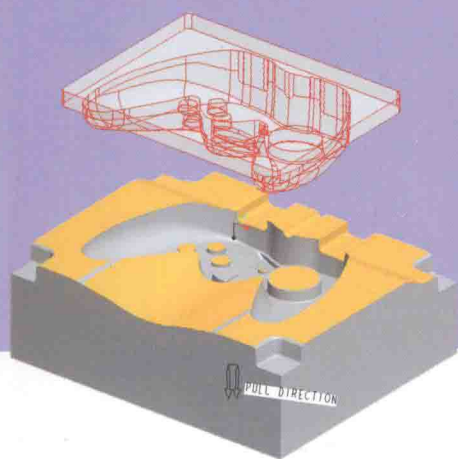


求职人员就业、上岗的实用图书！一书在手，求职无忧！

工厂数控编程技术 实例特训

(Cimatron E10)



寇文化 ● 编著

- 生产一线高级工程师的倾情力作
- 多年实践经验的结晶
- CNC编程过程完整方案
- 编程重点难点视频讲解
- QQ (1137155208) +微博在线答疑

附赠DVD教学光盘

- 典型工厂实训素材
- 500分钟实例视频录像



清华大学出版社

工厂数控编程技术实例特训 (Cimatron E10)

寇文化 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

Cimatron E10.0 是以色列 Cimatron 公司出品的一款优秀的 CAD/CAM 软件, 数控编程功能是其强项。本书总结实际工作经验, 以实际应用为导向, 以高效解决模具工厂数控编程问题为根本出发点, 重点讲述了编程规划、工艺选择、辅助线面创建、加工参数选取技巧、刀路编辑优化、后置处理、仿真检验、程序单制作等完整工作过程。希望能带领和帮助从事数控编程有志者, 使其不仅学会软件操作, 而且可以学好数控加工工艺, 把书本知识灵活运用于生产实践, 从而尽快走向本行业的工作岗位。本书虽然以模具产品为例, 但对于其他产品也有重要的参考价值。

本书内容丰富, 讲解详细, 包含了大量作者多年实践的应用案例, 每个案例均配有精心录制的视频, 读者可边看视频边练习, 轻松高效地学习。本书适用于对数控编程 CNC 工程师进行岗前培训, 也适合作为职业学校或者高等学校相关专业教学和社会培训班的参考教材。

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

工厂数控编程技术实例特训: Cimatron E10/寇文化编著. —北京: 清华大学出版社, 2014
ISBN 978-7-302-35344-7

I. ①工… II. ①寇… III. ①数控机床-程序设计-应用软件 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 021103 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 王 云

责任印制: 何 芊

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 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: 北京富博印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 26.25 字 数: 606 千字

(附 DVD 光盘 1 张)

版 次: 2014 年 5 月第 1 版

印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 55.00 元

产品编号: 049259-01

前 言

编写目的

Cimatron E10.0 是以色列 Cimatron 公司 2011 年出品的一款集设计与数控编程为一体的优秀的 CAD/CAM 软件。E10.0 是软件的版本号,它是从基于 DOS 操作系统的 IT 版发展的、基于 Windows 操作系统平台下运行的全新的 E 版本 CAD/CAM 系统。该软件除了具备功能强大且全面的型腔模设计、电极设计、五金模设计等独特设计功能外,更重要的还有从 2.5 轴到 5 轴的自动化 NC 数控编程功能。Cimatron E10.0 软件的很多独特的数控编程在同类软件中都是处于领先地位,深受广大用户的赞扬。

随着我国工业技术的发展,自从 Cimatron 软件被引进以来,立刻引起了广大工程技术人员的强烈兴趣。特别是 Cimatron 子公司——思美创(北京)科技有限公司,其正式成立以来,先后参与了多次职业院校技能大赛等活动,对软件的推广应用、提高制造水平等做出了卓有成效的贡献。现在的 Cimatron 软件在模具工厂里应用非常广泛,学习和熟练掌握 Cimatron E10.0 软件进行数控编程已经成为很多有志青年的强烈愿望。

本书从模具工厂的实际应用的角度出发,以解决数控编程问题为导向,来说明如何运用 Cimatron E10.0 软件解决模具工厂里那些单件生产、形状复杂的模具工件的数控编程问题。书中虽然是以模具工件为例进行讲解,但却覆盖了 Cimatron E10.0 软件的很多重要的且独特的数控编程功能,以帮助读者加深对 Cimatron E10.0 软件数控编程功能的理解,对于其他类型的零件加工也有一定的参考价值。总之,Cimatron E10.0 软件具有强大的数控编程功能,如何用好这个功能来解决问题就是本书的编写目的。

主要内容

全书共分 7 章。

第 1 章 模具工厂数控编程简介。介绍在模具工厂里如何进行数控编程,目的是让初学者明白为什么要进行数控编程、数控编程究竟需要做什么工作,以明确学习目的。

第 2 章 手机镜片铜公编程。以一个基本的铜公为例,介绍如何用 2.5 轴加工方式完整地完一个工件的数控编程工作。目的是引起读者的学习兴趣,为后续章节的学习打下坚实的基础。

第 3 章 玩具笔铜公编程。在第 2 章的基础上,以玩具笔铜公为例,进一步学习曲面加工的应用,为解决更复杂的铜公编程问题打下基础。

第 4 章 游戏机面壳铜公编程。在前几章学习的基础之上,综合应用 Cimatron E10.0

软件解决较复杂的铜公零件的编程。

第 5 章 游戏机面壳前模编程。以游戏机面壳模具的前模为例,进一步学习如何用 Cimatron E10 来编制较复杂钢材模件的数控程序。

第 6 章 游戏机面壳后模编程。以游戏机面壳模具的后模为例,进一步学习如何编制较复杂钢材模件的数控程序。特别要注意学习编程图形的修补工作,使刀路更加优化、实用。

第 7 章 机床后处理器制作。介绍利用软件提供的标准后处理器 demo 来制作用户后处理器的方法。

为了帮助读者学习,书中安排了“本章要点和学习方法”、“本章总结”、“思考与练习”,以及“知识拓展”、“小提示”、“要注意”等特色段落。“知识拓展”对当前的操作介绍另外一些方法,以开拓思路;“小提示”对当前操作中的难点进行进一步补充讲解;“要注意”对当前操作中可能出现的错误进行提醒。文中长度单位除指明外默认为毫米。

另外,为了帮助读者理解操作,本书配套光盘中还提供了精心录制的讲课视频,这些文件是 EXE 文件,可以直接双击打开。播放过程中可以随时暂停、快进或者倒退,可以一边看书,一边看视频,同时一边跟着练习,以提高学习效果。

如何学习

为学好本书内容,建议读者先学习如下知识:

(1) 能用 Cimatron E10 软件或者其他软件进行基本的 3D 绘图和简单的数控编程。建议初学者事先阅读清华大学出版社出版的由王卫兵老师编写的《Cimatron E10 中文版三维造型与数控编程入门视频教程》一书。

(2) 机械加工工艺的基本知识。

(3) 能应用 Office 办公软件及 Windows 操作系统的基本操作。

本书是以解决实际数控编程问题为主线,书中模具工件的加工方案是 3 轴普通数控铣床的加工程序,所列举的例子尽可能有一定的代表性,学习时除了完成这些练习外,还要重点理解加工参数的含义,对于本书未讲到的知识点,如果需要的话可以参考软件的帮助文件来深入地学习,建议英文基础好的读者尽可能使用英文版学习。对于加工方法也不要死搬硬套,要根据本书的思路,结合自己工厂的实际加工条件,适当调整加工参数进行灵活变通,力争使所编程序符合高效加工原则。

读者对象

(1) 对 Cimatron E10 数控编程的实际应用有兴趣的初学者。

(2) 现在或者即将从事数控编程的工程技术人员。

(3) 大中专或职业学校数控专业的师生。

(4) 其他 Cimatron E10 软件的爱好者。

本书在策划和编写过程中承蒙清华大学出版社编辑钟志芳的大力支持和帮助，才促使笔者克服困难完成写作。另外，多位高校老师及工厂的工程师，如王静平、李俊萍、赵晓军、索军利、温盛清等也参与了本书部分内容的编写。在此，对他们的帮助表示衷心的感谢。

本书虽然经过尽力核对，但欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。为了便于沟通，读者在学习如遇到问题，除了可以给作者发电子邮件到 k8029_1@163.com 邮箱外，还可以浏览答疑博客，网址为 <http://blog.sina.com.cn/cadcambook>。

编 者

目 录

第 1 章 模具工厂数控编程简介.....	1
1.1 本章要点和学习方法.....	1
1.2 模具制造流程.....	1
1.2.1 模具设计阶段.....	1
1.2.2 数控编程阶段.....	2
1.2.3 数控加工阶段.....	2
1.2.4 其他加工阶段.....	2
1.2.5 数控编程的技术难点.....	3
1.3 手工数控编程方法.....	3
1.3.1 坐标系.....	4
1.3.2 图形节点计算.....	5
1.3.3 程序代码.....	7
1.3.4 程序编写.....	9
1.4 本章总结.....	10
1.5 思考与练习.....	11
第 2 章 手机镜片铜公编程.....	12
2.1 本章要点和学习方法.....	12
2.2 铜公概述.....	12
2.3 手机镜片铜公数控编程.....	13
2.3.1 图形整理.....	13
 本节讲课视频: \ch02\03-video\01-编程图形整理.exe	
2.3.2 数控加工工艺分析及刀路规划.....	17
2.3.3 编制 K01A 开粗刀路.....	17
 本节讲课视频: \ch02\03-video\02-编程准备.exe	
 本节讲课视频: \ch02\03-video\03-创建开粗刀路 K01A.exe	
2.3.4 编制 K01B 基准面光刀.....	30
 本节讲课视频: \ch02\03-video\04-创建基准面光刀 K01B.exe	
2.3.5 编制 K01C 型面光刀.....	36
 本节讲课视频: \ch02\03-video\05-创建型面光刀 K01C.exe	
2.3.6 数控程序检查.....	48
 本节讲课视频: \ch02\03-video\06-刀路检查.exe	

2.3.7	数控程序后处理	50
	 本节讲课视频: \ch02\03-video\07-后处理.exe	
2.3.8	本例编程总结	52
2.4	本章总结	52
2.5	思考与练习	53
第 3 章	玩具笔铜公编程	54
3.1	本章要点和学习方法	54
3.2	玩具笔铜公数控编程	54
3.2.1	图形整理	55
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\01-编程图形整理.exe	
3.2.2	数控加工工艺分析及刀路规划	57
3.2.3	编制 K02A 开粗刀路	57
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\02-编程准备.exe	
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\03-创建开粗刀路 K02A.exe	
3.2.4	编制 K02B 基准面光刀	70
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\04-创建基准面光刀 K02B.exe	
3.2.5	编制 K02C 清角及光刀	76
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\05-创建清角及光刀 K02C.exe	
3.2.6	编制 K02D 外形斜度面光刀	85
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\06-创建外形斜面光刀 K02D.exe	
3.2.7	数控程序检查	89
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\07-刀路检查.exe	
3.2.8	数控程序后处理及填写工作单	91
	 本节讲课视频: \ch03\03-video\08-后处理.exe	
3.2.9	本例编程总结	92
3.3	本章总结	92
3.4	思考与练习	93
第 4 章	游戏机面壳铜公编程	94
4.1	本章要点和学习方法	94
4.2	游戏机模具铜公数控编程	94
4.2.1	图形整理	95
	 本节讲课视频: \ch04\03-video\01-编程图形整理.exe	
4.2.2	数控加工工艺分析及刀路规划	96
4.2.3	编制 K03A 开粗刀路	97
	 本节讲课视频: \ch04\03-video\02-编程准备.exe	
	 本节讲课视频: \ch04\03-video\03-创建开粗刀路 K03A.exe	

4.2.4 编制 K03B 基准面光刀	109
本节讲课视频: \ch04\03-video\04-创建基准面光刀 K03B.exe	
4.2.5 编制 K03C 外形清角	123
本节讲课视频: \ch04\03-video\05-创建清角及光刀 K03C.exe	
4.2.6 编制 K03D 外形及孔光刀	126
本节讲课视频: \ch04\03-video\06-创建外形及孔光刀 K03D.exe	
4.2.7 编制 K03E 型面半精加工	136
本节讲课视频: \ch04\03-video\07-创建型面半精加工 K03E.exe	
4.2.8 编制 K03F 型面光刀	143
本节讲课视频: \ch04\03-video\08-创建型面光刀 K03F.exe	
4.2.9 编制 K03G 对大椭圆按钮孔光刀	146
本节讲课视频: \ch04\03-video\09-创建对大椭圆按钮孔光刀 K03G.exe	
4.2.10 编制 K03H 对孔位圆角光刀	157
本节讲课视频: \ch04\03-video\10-创建孔位圆角光刀 K03H.exe	
4.2.11 编制 K03I 对小椭圆孔光刀	166
本节讲课视频: \ch04\03-video\11-创建对小椭圆孔光刀 K03I.exe	
4.2.12 编制 K03J 对倒圆角光刀及型面清角	172
本节讲课视频: \ch04\03-video\12-对倒圆角光刀及型面清角 K03J.exe	
4.2.13 编制粗公程序	177
本节讲课视频: \ch04\03-video\13-编制粗公程序 K03K.exe	
4.2.14 数控程序检查	188
本节讲课视频: \ch04\03-video\14-刀路检查.exe	
4.2.15 数控程序后处理及填写工作单	190
4.2.16 本例编程总结	191
4.3 本章总结	191
4.4 思考与练习	192
第 5 章 游戏机面壳前模编程	193
5.1 本章要点和学习方法	193
5.2 游戏机模具铜公数控编程	193
5.2.1 图形整理	194
本节讲课视频: \ch05\03-video\01-编程图形整理.exe	
5.2.2 数控加工工艺分析及刀路规划	195
5.2.3 建立刀库文件	196
本节讲课视频: \ch05\03-video\02-建立刀库文件.exe	
5.2.4 编制 K05A 开粗刀路	199
本节讲课视频: \ch05\03-video\03-编程准备.exe	

 本节讲课视频: \ch05\03-video\04-创建开粗刀路 K05A.exe	
5.2.5 编制 K05B 模具水平面光刀	206
 本节讲课视频: \ch05\03-video\05-创建基准面光刀 K05B.exe	
5.2.6 编制 K05C 型腔清角及中光	217
 本节讲课视频: \ch05\03-video\06-型腔清角及中光 K05C.exe	
5.2.7 编制 K05D 模具碰穿位光刀	223
 本节讲课视频: \ch05\03-video\07-模具碰穿位光刀 K05D.exe	
5.2.8 编制 K05E 型腔面进一步清角	237
 本节讲课视频: \ch05\03-video\08-型腔面进一步清角 K05E.exe	
5.2.9 编制 K05F 分型面中光刀	240
 本节讲课视频: \ch05\03-video\09-分型面中光刀 K05F.exe	
5.2.10 编制 K05G 对分型面的曲面进行光刀	249
 本节讲课视频: \ch05\03-video\10-对分型面曲面进行光刀 K05G.exe	
5.2.11 编制 K05H 对模锁及枕位面光刀	251
 本节讲课视频: \ch05\03-video\11-对模锁及枕位面光刀 K05H.exe	
5.2.12 编制 K05I 对圆形枕位面开粗	265
 本节讲课视频: \ch05\03-video\12-对圆形枕位面开粗 K05I.exe	
5.2.13 编制 K05J 对分型面及枕位面光刀	269
 本节讲课视频: \ch05\03-video\13-对分型面及枕位面光刀 K05J.exe	
5.2.14 数控程序检查	281
 本节讲课视频: \ch05\03-video\14-数控程序模拟检查.exe	
5.2.15 数控程序后处理及填写工作单	282
 本节讲课视频: \ch05\03-video\15-数控程序后处理.exe	
5.2.16 本例编程总结	283
5.3 本章总结	284
5.4 思考与练习	284
第 6 章 游戏机面壳后模编程	285
6.1 本章要点和学习方法	285
6.2 游戏机模具铜公数控编程	285
6.2.1 图形输入	286
 本节讲课视频: \ch06\03-video\01-图形整理.exe	
6.2.2 数控加工工艺分析及刀路规划	287
6.2.3 后模破面图形修补	287
 本节讲课视频: \ch06\03-video\02-后模破面图形修补.exe	
6.2.4 编制 K06A 开粗刀路	294
 本节讲课视频: \ch06\03-video\03-编程准备.exe	

 本节讲课视频: \ch06\03-video\04-创建开粗刀路 K06A.exe	
6.2.5 编制 K06B 模具水平面光刀	300
 本节讲课视频: \ch06\03-video\05-创建基准水平面光刀 K06B.exe	
6.2.6 编制 K06C 型芯面清角及中光	303
 本节讲课视频: \ch06\03-video\06-创建型芯面清角及中光 K06C.exe	
6.2.7 编制 K06D 进一步清角	314
 本节讲课视频: \ch06\03-video\07-型芯面进一步清角 K06D.exe	
6.2.8 编制 K06E 圆孔及分型面光刀	318
 本节讲课视频: \ch06\03-video\08-圆孔及分型面光刀 K06E.exe	
6.2.9 编制 K06F 分型面及型芯面中光刀	333
 本节讲课视频: \ch06\03-video\09-分型面及型芯面中光刀 K06F.exe	
6.2.10 编制 K06G 对型芯面及分型面进行光刀	341
 本节讲课视频: \ch06\03-video\10-对型芯面及分型面进行光刀 K06G.exe	
6.2.11 编制 K06H 对枕位面光刀	344
 本节讲课视频: \ch06\03-video\11-对枕位面光刀 K06H.exe	
6.2.12 数控程序检查	348
 本节讲课视频: \ch06\03-video\12-数控程序模拟检查.exe	
6.2.13 数控程序后处理及填写工作单	349
 本节讲课视频: \ch06\03-video\13-数控程序后处理.exe	
6.2.14 本例编程总结	350
6.3 本章总结	351
6.4 思考与练习	351
第 7 章 机床后处理器制作	353
7.1 本章要点和学习方法	353
7.2 Cimatron E10 软件标准后处理器	353
7.2.1 后处理概述	353
7.2.2 GPP 后处理器	354
7.3 普通 3 轴数控铣机床后处理器制作	354
7.3.1 机床调研	354
7.3.2 对后处理文件的修改	355
7.3.3 后处理器测试	365
7.4 加工中心机床后处理器制作要点	367
7.4.1 机床换刀动作分析	367
7.4.2 加工中心后处理器制作要点	368
7.4.3 加工中心后处理器测试	370
7.5 本章总结	371

7.6 思考与练习	372
参考文献	373
附录 A 各章习题答案提示	374
第 1 章参考答案	374
第 2 章参考答案	375
第 3 章参考答案	378
第 4 章参考答案	382
第 5 章参考答案	394
第 6 章参考答案	401
第 7 章参考答案	408

第 1 章 模具工厂数控编程简介

1.1 本章要点和学习方法

本章主要介绍在模具工厂里如何进行数控编程，着重回答初学者急需了解的以下知识要点：

- 模具制造流程。
- 数控加工在制模流程中的重要作用。
- 自动编程和手工编程。
- 数控程序代码含义：G 代码及 M 代码。

本章是基础，目的是让初学者有一个初步概念，对于难以理解的内容可以暂时不必深究，随着学习的深入，部分概念会越来越明白，再回头看本章就会觉得很容易。

学习重点是：认识 NC 程序代码的含义，学会简单图形的手工数控编程。

1.2 模具制造流程

1.2.1 模具设计阶段

随着社会的发展，大量的塑胶件日用品先后进入了人们的生活，诸如机器塑胶结构件、手机外壳、电视机外壳、游戏机外壳等都是利用塑胶模具成型的。因为相对于直接制造塑胶件来说，利用模具注塑工艺可以使塑胶产品的尺寸同一性好、质量稳定可控、制造速度快捷，以及具有成本低廉等重要特点，所以在现代轻工业中，模具被称为“工业之母”，得到了大量的应用。模具工业在我国也是方兴未艾，是朝阳产业。

通俗地讲，模具制造过程具有以下重要环节。

(1) 在产品开发部门（也叫 PDD），产品设计工程师将根据市场和客户的需求，先设计出产品的外观彩图，经过客户认可后设计成 3D 模型图和相应功能的电子线路图，然后利用快速成型技术或者 3D 打印技术制作成快速手板，装上电子元件和其他配件后制成具有实际功能的产品。经过客户确认，修改完善设计后，就可以把设计 3D 图及其他图纸交由工厂制造这些产品了。而外观塑胶件通常都是利用塑胶模具来成型。

(2) 模具制造部门（也叫工模部）在接收到这些图以后，首先由模具设计工程师评估注塑这些产品的模具在制造上的可行性，以及这些产品注塑成型的可行性。没有错误以后，

就初步设计出模具结构, 估算模具材料的规格大小、模具配件的数量、模具制造的成本及完成日期。在经过客户的认可后, 发出订单 (也叫 PO), 即可正式设计模具的结构装配图。

(3) 分模工程师根据客户的产品 3D 图和模具结构图进行 3D 模具设计, 这个过程也叫分模。经过分模, 可以输出模具的前模图 (也叫定模图)、后模图 (也叫动模图), 复杂一些的可能还有行位 (也叫滑块图)、斜顶等。经过评审, 没有错误以后, 即可设计铜公图 (也叫电极图)。

1.2.2 数控编程阶段

数控编程工程师 (也叫 CNC 工程师) 在收到分模图后, 先要进行检查, 在制造方面没有问题以后即可进行数控编程 (也叫 CNC 编程), 以便数控机床能据此加工出模具来。

先分析模具配件图的大小、坐标系的位置、加工需求、装夹方案, 然后规划出加工步骤方案。打开编程软件, 转化及修补图形, 设定刀具类型大小, 选取加工方法, 设定加工参数, 然后计算刀具运动的路线轨迹 (也叫刀路)。经过检查, 没有错误后即可进行后置处理, 生成数控机床能够识别的数控程序 (也叫 NC 程序)。

数控程序的质量直接决定加工的快慢和工件的质量。数控编程阶段是整个模具制造流程的咽喉, 如果这部分出现错误就会导致加工错误, 有时会导致返工。如果这个阶段时间耽误了, 那么整个模具制造周期就会拉长。所以对于模具制造流程来说, 数控编程阶段很重要。基于这个原因, 一般的模具工厂都会高薪聘请经验丰富、技术熟练的 CNC 工程师来从事这项工作, 而不太愿意让新手承担重要的数控加工编程任务。

1.2.3 数控加工阶段

数控车间在收到 CNC 加工程序单后, 就要根据制模组送来的模具材料、机床的工作情况, 以及加工任务的紧急程度等因素, 来安排数控加工生产。

作为操作员接受加工任务后, 要检查程序单的要求, 了解编程刀路及加工过程; 准备刀具, 在机床工作台上装夹模具毛坯材料; 装上分中棒进行分中找正, 测量工件的编程零点, 记录其机械坐标数; 在机床的补偿界面中, 把这个坐标数输入到 G54 等寄存器中; 装上刀具, 测量长度补偿数值, 并把长度补偿数值输入到机床里。这个过程也叫对刀。

把程序单上的 NC 程序复制到与机床连接的计算机中, 检查甚至修改 NC 程序里的刀具长度补偿号 H 及坐标系 G54 等。利用 DNC 系统把修改好的数控程序输入到数控机床, 并运行程序。模具加工完后一般在机床上检查, 没有错误后就可以拆下, 清理机床准备加工下一件。

1.2.4 其他加工阶段

一般来说, 数控加工在模具制造中的加工量是最大的。但除此之外, 还需要电火花加

工、线切割加工、传统的车、铣、刨、磨及钳等工种的加工，最后才可以装配模具。

模具加工完成后就被送到注塑部试模。经过修改设计和修改模具，没有错误后就可以大量注塑塑胶件了。再经过和其他配件的装配，就可以把真正的产品送交给客户，直至出售给顾客，满足人们的生活需要。

1.2.5 数控编程的技术难点

数控编程工作具有一定的难度，在实际工作中，初学者可能会出现以下错误，在学习时应注意克服。

- 在开始学习编程时，只关注了软件的操作技巧，忽视了现实加工可行性，参数有时不够合理，导致加工时出现刀具损耗过大或者出现断刀等现象。
- 有时忽视了工厂的工艺装备的精度，以为所有工厂里都是理想机床及理想刀具。实际工厂里的情况是千差万别的，个别工厂的机床装备并非想象的那样精密，程序员所编的程序如果没有考虑这些因素，就会出现工件过切或者漏切现象。这属于理论联系实际不够。
- 有时忽视上一把刀具加工的残留材料的位置和大小，未进行必要的清角，加工时极易在角落处弹刀而过切。这属于思维不够严密所致。
- 尽管现在的数控编程软件种类很多，但都处于发展阶段，一般都不是十全十美，都存在一些缺陷。新入行的朋友有时过于相信计算机，对于软件的计算错误不能敏锐判断并且未能及时纠正这些错误而导致加工错误。所以，在学习数控编程技术时应扬长避短，即不但要熟练掌握软件的优点，还要有效避免其缺点，学习Cimatron软件也不例外。

1.3 手工数控编程方法

在1.2.2节所介绍的自动编程是当今数控编程的主要方法，也是本书学习的重点。但作为编程工程师，还应该熟练掌握常用数控机床编程代码的含义，并学会基本二维图形的手工编程方法。

所谓手工数控编程，是指利用一般常用的计算工具，通过各种数学方法，人工计算出刀具路径轨迹，然后根据机床编程说明书，充分利用机床的指令编制出符合在数控机床上运行的数控程序。

手工编程的基本步骤是：确定图形编程坐标系的零点和放置方向，计算图形节点的坐标数值，计算圆弧起始点坐标、终点坐标、半径，按照图形轮廓确定进刀位置和退刀位置，根据轮廓编写各个图素的数控程序，添加辅助代码指令。如果对数控编程软件不熟悉但却对AutoCAD等绘图软件比较熟悉，可以在画图软件里测量点坐标及圆弧数据，然后据此编程。

手工编程一般事先在纸上写好,并逐条检查各个语句没有错误以后,才在机床的 MDI 界面输入到机床,并先进行空运行,消除各种报警错误以后,再加工试件。检查试件合格以后,就可以正式加工工件。

本节任务:加工如图 1-1 所示的试件,材料为电木。请编写适合在 FANUC 系统机床上运行的 NC 程序。

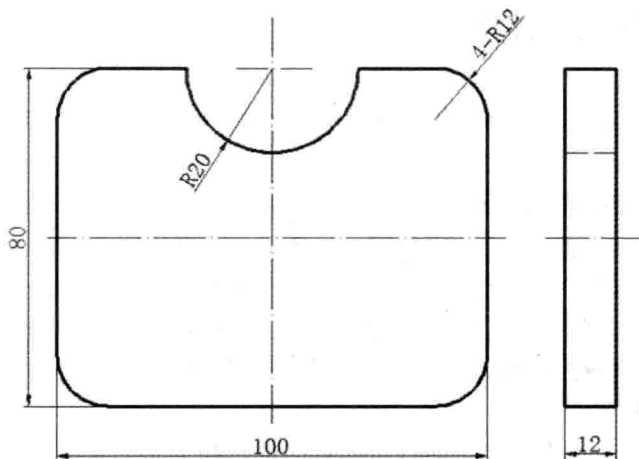


图 1-1 加工试件图纸

1.3.1 坐标系

1. 机床坐标系

通俗地讲,假设机床工作台不动,刀具在动,操作者站在立式机床工作台前观察刀具运动,向右为 X 正方向,向里为 Y 正方向,向上为 Z 正方向。

对于卧式数控机床,假设观察者站在机床背面,沿着主轴方向看工作台和刀具,假定工作台不动,刀具在动,向右为 X 正方向,向上为 Y 正方向,刀具朝着观察者运动为 Z 正方向。对于多轴加工中心,沿着 X 轴旋转为 A,沿着 Y 轴旋转为 B,沿着 Z 轴旋转为 C。坐标系仍为笛卡儿右手坐标系,旋转轴方向遵循右手螺旋定则。

机床坐标系的原点(用 M 表示,也叫 Home 点)位置一般在各坐标轴的正向最大极限处。

机床的参考点(用 R 表示)不在机床原点,而在机床行程开关设置的特定的物理位置。对于加工中心来说,参考点为刀具的换刀位置。数控机床在通电后,正式加工前,或者加工中心在换刀前,必须要回归参考点,在操作面板上显示的机械坐标值均为零,这个过程通常也叫作“回零”。机床面板上显示出的刀具中心点的机械坐标值就是相当于参考点来说的。

2. 工件编程坐标系

编程原点(用 W 表示)是指编程员在工件上指定的、便于测量的几何基准点,也称为工件原点,以此原点建立的坐标系也叫工件坐标系。在机床上设定工件的坐标系通常有以下两种方法。

(1) G92 指令

格式为: G92 X_ Y_ Z_

机床不产生动作。通过设定刀具起点相对于工件坐标系原点的相对位置来建立坐标系。机床重开机时坐标系就消失,所以仅适用于临时性、简单工件的加工,模具加工很少使用这种方式。为了编程和操作方便一般都把起始点作为坐标零点。

(2) 用 G54~G59

通过测量工作台上安装的工件的编程原点,将其机械坐标值输入到机床的 G54 寄存器里,机床加工时,系统会将 NC 程序里的坐标值加上 G54 存储的坐标值来计算出刀具中心点在机床坐标系里的数值,并以此数值来控制刀具的运动。

普通机床可以建立 G54~G59 共 6 个坐标系,有些新型机床可能还会更多。机床断电或者重启都不会清除 G54~G59 里存储的数值,其广泛用于模具加工。一般在加工之前就设定 G54。

手工编程时,编程原点一般选取在便于计算、又便于测量且安全的位置。模具工厂里的工件,在加工前的毛坯料大多数为长方体,坐标系 XY 零点一般设定在长宽对称中心位置,也叫“四边分中”,Z 零点一般设定在毛坯的顶面。

图 1-1 所示的毛坯料为长方体,其编程坐标系如图 1-2 所示。

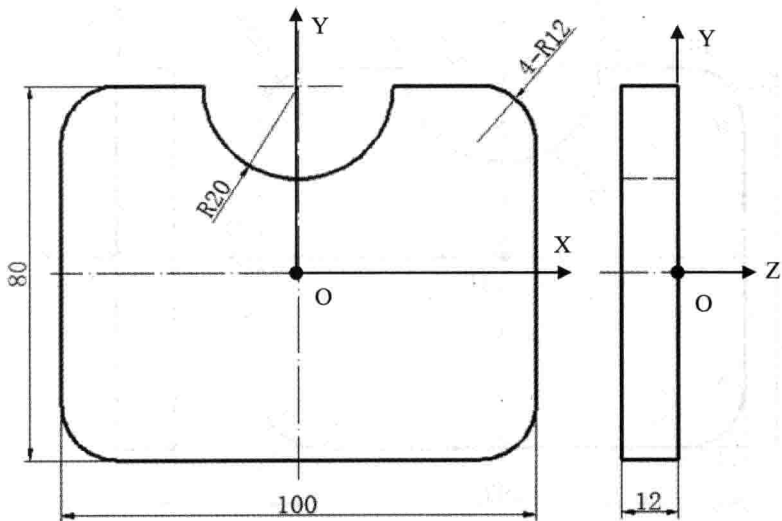


图 1-2 建立坐标系

知识拓展: 航空零件编程加工时,因为初始形状复杂,斜面较多,有时还要用工艺球的球心作为编程原点(也叫编程零点)。

1.3.2 图形节点计算

机床控制刀具的运动方式有直线、圆弧及曲线。曲线方式是新型机床里将多个小直线