

CAXA 北航海尔

CAXA—CAD/CAM  
标准培训指定教材

# CAXA

## 数控加工

### 造型·编程·通信



北航CAXA教育培训中心 主编  
谢小星 等 编著

 北京航空航天大学出版社  
<http://www.buaapress.com.cn>



软件·多媒体课件·实例

**CAXA**北航海尔



CAXA—CAD/CAM  
标准培训指定教材

# CAXA 数控加工

## 造型·编程·通信

北航 CAXA 教育培训中心 主编

谢小星 等编著



北京航空航天大学出版社

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

## 内 容 简 介

本书主要介绍 CAXA 数控加工应用技术,内容包括 CAXA 加工造型、CAXA 数控铣削技术、CAXA 多轴铣削技术、CAXA 车削技术及 CAXA 线切割技术等。其中除了为深入学习 CAXA 系列软件提供部分应用经验、实例、练习以外,还结合实际应用,将一些周边技术,如数控加工工艺、机床通信、逆向工程等作了介绍。本书适用于 CAXA 数控加工应用技术人员以及其他 CAM 软件的应用人员综合参考使用。同时也可作为 CAXA 培训学校及相关院校专业教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

CAXA 数控加工造型·编程·通信/谢小星等编著.

北京:北京航空航天大学出版社,2002.1

ISBN 7-81077-135-3

I. C… II. 谢… III. 自动绘图 软件包, CAXA

IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 086704 号

**CAXA 数控加工造型·编程·通信**

北航 CAXA 教育培训中心 主编

谢小星 等编著

责任编辑 蔡 喆

责任校对 戚 爽

\*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

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

E-mail: [pressell@publica.bj.cninfo.net](mailto:pressell@publica.bj.cninfo.net)

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:18.25 字数:409 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 7-81077-135-3/TP·076 定价:30.00 元(含光盘)

## CAXA 教材编写委员会

### 顾问(按姓氏笔画排序)

- 朱心雄 北京航空航天大学教授  
乔少杰 北京航空航天大学出版社社长  
刘占山 教育部职业教育与成人教育司副司长  
陈贤杰 科技部高新科技产业司副司长/全国 CAD 应用工程办公室主任  
张兴华 北京航空航天大学工程训练中心首席教授  
武 哲 北京航空航天大学副校长  
周正寅 全国 CAD 应用工程办公室专家  
周保东 《机械工人》杂志社副社长  
唐荣锡 中国工程图学学会理事长  
黄永友 《CAD/CAM: 计算机辅助设计与制造》杂志总编  
韩新民 机械科学院系统分析研究所所长  
雷 毅 北京北航海尔软件有限公司/CAXA 总裁

### 编委(按姓氏笔画排序)

- |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马金盛 | 王 洪 | 王凤霞 | 任柏林 | 刘 炜 | 刘长伟 | 刘雅静 |
| 刘锡峰 | 许修行 | 孙英蛟 | 牟文英 | 杜慰纯 | 李 秀 | 李 超 |
| 李文革 | 杨国太 | 杨国平 | 吴百中 | 邹小慧 | 宋放之 | 张 杰 |
| 张自强 | 张导成 | 张建中 | 陈红康 | 尚凤武 | 罗广思 | 金友泉 |
| 赵宝录 | 胡松林 | 贺 伟 | 章晓林 | 谢小星 | 廖卫献 | 熊本俊 |

### 执行委员

- 鲁君尚 赵延永 杨伟群

### 本书作者

- 谢小星 等



# CAXA—CAD/CAM

## 实例系列教材丛书

CAXA 实体设计 V2 实例教程

杨伟群 等编著

CAXA 电子图板 V2 实例教程

李 军 等编著

CAXA 三维电子图板 V2 实例教程

杨伟群 等编著

CAXA 制造工程师 V2 实例教程

胡松林 等编著

CAXA 线切割 V2 实例教程

邱建忠 等编著

CAXA 数控车 V2 实例教程

范 悦 等编著

CAXA 数控加工造型·编程·通信

谢小星 等编著

## 总 序

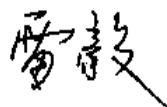
当前,计算机网络信息技术发展迅猛,正逐步渗透到方方面面;全球经济一体化的趋势正在加速,世界范围的产业格局正快速调整,全球制造业的重点正按照垂直整合的方式迅速向亚太地区转移。随着我国正式加入 WTO,传统的制造业正面临一场全新的、参与全球竞争的挑战,以制造业信息化推动制造业发展,是我国制造业能够参与国际竞争的必然选择。谁拥有先进的技术,谁拥有优秀的人才,谁就拥有未来市场的主动权。

CAXA 作为一家高科技软件企业,以推动中国 CAD/CAM 技术的应用和制造业信息化的发展为目标。经过近十年的发展,特别是从 1997 年以中小企业可以接受的价位推出“CAXA 电子图板 97”以来,CAXA 系列软件就为我国 CAD/CAM 技术的应用发挥了积极的作用。目前,CAXA 正版软件用户超过 50 000 家,并连续 4 年(1997~2000)荣获“国产十佳软件”称号。CAXA 软件正日益成为易学、实用、好用的国产 CAD/CAM 软件的象征,并以市场占有率最大、产品系列齐全、研发实力强劲、国际化联盟经营等,成为我国 CAD/CAM 软件行业的排头兵。

CAD/CAM 技术的应用和制造业信息化的发展,市场是目标,技术是保障,人才是关键,掌握 CAD/CAM 技术的大量的应用型人才是关键的关键。自 2000 年初,CAXA 与北京航空航天大学共同启动“CAXA 教育培训计划”以来,得到了社会各界的广泛欢迎和积极参与。目前先后培训师资 1 500 多人次,编写出版了教材/图书 100 多套,直接培训学生/学员 10 多万人。同时,CAXA 软件也先后成为劳动部“制图员”职业资格考试软件,教育部 NIT(全国计算机应用技术证书考试)“计算机绘图”考试软件,教育部“优秀职业教育软件”等。CAXA 在 CAD/CAM 应用人才的培训/培养方面迈出了可喜的一步。

这套 CAXA 系列教材的编写出版,既是应市场对学习掌握 CAXA 的强烈要求,也是 CAXA 与北京航空航天大学等 500 多家 CAXA 院校及培训机构合作的结晶。相信通过这套 CAXA 系列软件教材的编写出版,必将为我国 CAD/CAM 应用人才的培养、为我国制造业信息化的发展做出新的贡献。

中国的制造业将是未来全球制造业的中心。CAXA 愿与各界朋友一起努力,为中国的制造业——全球最大制造业的发展插上信息化的翅膀!

北航海尔软件/CAXA 总裁:  博士

2001 年 8 月

于北京航空航天大学

## 前 言

数控机床加工精度高,可以加工普通机床无法加工的复杂形状的零件,具有提高生产效率、减轻工作强度、改善环境、易于管理等优点,正在逐步取代普通机床。数控机床用柔性的零件程序代替了普通机床中大量的凸轮、挡块、限位开关等硬件。早期这些程序的编制手段比较落后,一般使用手工编程,穿孔纸带输入方式。随着计算机技术的发展逐步出现了以APT解释语言的CAM系统。目前的CAM软件大多数为基于三维图形的系统。如果从应用平台的角度划分,它们可大致分为两类:以RISC(精简指令系统)的硬件+UNIX操作系统的软件为平台的一大阵营,和以Windows+Intel架构的微机系统。

20世纪80年代到90年代初,RISC采用超标量结构、流水线技术、动态转移预测、大容量超高速缓存等技术手段,使其和同时期的Intel CPU相比具有明显优势。当时的CAD/CAM软件系统也多是以此架构为平台的,如当时的CATIA、CADDS4/5、UGS、Euclid等。但是,自Intel发布Pentium CPU以来,Intel不断吸取RISC技术,性能越来越强大,与RISC愈来愈接近。尤其是Intel发布了浮点计算性能强大的XEON CPU,使得Intel CPU的性能较以往有显著提高,这为工作站选择Intel CPU处理复杂的专业应用提供了有利条件。与此同时,以Microsoft的Windows NT为代表的高性能的、稳定可靠的32位操作系统以及基于OpenGL标准的PC图形技术日益成熟。Intel高性能的CPU与Microsoft的Windows NT操作系统形成了PC工作站的完美组合。再加上网络的发展,低端大量的WTEL(Windows + Intel)微机和高档的PC工作站形成了一个计算机主流应用群体。此时,不仅是原有以RISC为平台的CAD/CAM系统大量向微机系统移植,同时也产生了一批新的以微机系统为平台的CAD/CAM系统。

本书介绍的CAXA系列就是属于最新一代的以微机为平台的CAD/CAM系统,它支持OpenGL图形加速、具有Microsoft界面风格等特性。

国内的CAD/CAM的发展起源于航空航天领域。最早,北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学以及航空航天企业如沈阳飞机制造公司等单位开始研究CAD/CAM技术,并在20世纪70年代中旬在沈阳飞机制造公司召开由北京航空航天大学、沈阳飞机制造公司等少数几个单位参与的国内第一次CAD/CAM研讨会。国内CAD/CAM软件业的发展经历了研究、起步、发展三个阶段。目前国产CAD/CAM软件正在逐渐形成了自己的主流产品:CAXA。

CAXA是北京北航海尔软件有限公司的产品品牌标识,它包括一系列面向工程的应用软件。北京北航海尔软件有限公司是北京航空航天大学、青岛海尔集团与美国C-MOLD公司在原北京华正软件工程研究所的基础上合资组建的专业从事计算机辅助设计/制造/工程(CAD/CAM/CAE)、企业系统集成及网络(PDM/MRPII/ERP/Internet)软件开发与工程服

务的高科技软件企业,是产、学、研结合的一个实体。

原北京华正软件工程研究所成立于1992年。多年来,CAXA依托北航的科研力量,坚持“市场决定产品、技术为市场服务”,以先进与实用并重的思路,面向市场需求,积极推出高品质、低价位的CAXA系列国产CAD/CAM软件。1998年,在华正出色的市场业绩和雄厚的技术研发实力的基础上,CAXA又向资产组合、体制创新迈出了重要的一步。北航海尔软件有限公司的成立,将北航的科研实力与人才优势,海尔的管理、服务理念及产业背景,C-MOLD的国际化营销模式融为一体,三强合一,给CAXA注入了强大的活力。这标志着CAXA步入了产业化成熟发展的崭新阶段,并为CAXA进军国际市场、树立中国的民族软件品牌准备了条件。

从北京航空航天大学,到华正软件工程研究所,再到北航海尔,CAXA走过了从学校科研到产品开发,到商品化、产业化发展阶段,走出了一条高校科技成果转化和高校创办高科技企业的成功之路。同时也开创了国产CAD/CAM软件开发、应用及其商品化、工程化、产业化的一个成功模式,成为我国自主知识产权产业和高新技术企业成功发展的典范。

CAXA系列产品起步于三维CAM软件的开发,其主要产品即为CAXA制造工程师软件。这是一个具有造型功能的CAM软件。现在,这个软件已经发展到不仅具有强大的线框、曲面、实体混合造型功能,而且可以针对混合造型进行加工、加工仿真的现代CAM软件。

在20世纪90年代初国内的CAM市场上,商品化的CAM软件基本为外国CAM厂商所垄断。CAXA制造工程师的推出,为国产CAM软件在国内CAM市场中占据了宝贵的一席之地。其后在CAXA制造工程师的基础上,北航海尔陆续推出了CAXA数控车、CAXA数控雕刻等CAM软件。20世纪90年代中期,随着国家“甩图板工程”的启动,CAXA才开始进入二维CAD领域。1997年推出纯二维工程设计用CAD软件CAXA电子图板获得很大成功,一举成为国产CAD软件的主流。其后又推出了一系列基于电子图板平台的二维系列软件:CAXA数控铣、CAXA数控线切割、CAXA—CAPP、CAXA注塑模具设计等。目前CAXA产品已经扩展到了PDM、ERP等企业管理领域,形成了一个比较完整的企业决策方案体系。

本书的内容主要以1999年8月作者编的北航海尔内部的《CAD/CAM教程》为蓝本,并在此基础上进行了比较大的扩充。目前已经将制造工程师最新版(V2)的内容并入。由于时间跨度较大,内容来源是由各时期积累的文档、资料汇集起来的,加之笔者水平有限,因此恳切希望读者对书中的错漏之处予以指正。

特别感谢北航海尔软件有限公司的李秀、钟亮、李永全、王朝峰、沈亮、岳仕刚等工程师给予的支持。

谢小星

2001年12月于北京

# 目 录

## 第 1 章 CAXA—CAM 概述

1.1 CAD/CAM 应用发展情况 .....	1
1.2 CAM 造型和 CAD 造型的差异 .....	2
1.2.1 本质区别 .....	2
1.2.2 CAM 对造型的要求 .....	2
1.3 CAXA 加工系列 .....	6
1.4 CAXA 系统安装 .....	6
1.4.1 平台需求 .....	6
1.4.2 安装与运行问题 .....	6
1.5 通用数据接口 .....	7
1.5.1 CAXA 系统支持的标准数据接口 .....	7
1.5.2 CAXA 的非标准 DAT 数据格式 .....	7
1.5.3 DAT 文件的读入输出 .....	11

## 第 2 章 CAXA 三维造型

2.1 三维造型基础 .....	12
2.1.1 空间线架 .....	12
2.1.2 二维线架实例 .....	16
2.1.3 线架绘制练习 .....	22
2.1.4 曲 面 .....	23
2.1.5 曲面部分练习题 .....	30
2.1.6 曲面相关线 .....	31
2.1.7 特殊的曲线-线面映射 .....	32
2.1.8 基准面和草图 .....	33
2.1.9 草图的标注(参数化)和驱动 .....	35
2.1.10 特 征 .....	35
2.1.11 文 件 .....	37
2.1.12 系统设置 .....	38

2.1.13 三维实体图形投影到电子图板 .....	38
2.1.14 电子图板图形调用到三维实体草图 .....	38
2.2 造型实例 .....	38
2.2.1 基础体几何造型 .....	38
2.2.2 轴承支架造型 .....	50
2.2.3 连杆锻模造型 .....	53
2.2.4 螺母造型 .....	56
2.2.5 叶轮造型 .....	57
2.2.6 十字连接件造型 .....	58
2.2.7 台钳扳子造型 .....	60
2.3 高级实体造型实用技巧 .....	62
2.3.1 复杂实体造型中常见问题 .....	62
2.3.2 实用原则 .....	62
2.3.3 实用技巧 .....	63
2.4 高级造型实例(叶轮动模) .....	68
2.4.1 建立叶轮主曲面 .....	69
2.4.2 建立叶轮副曲面 .....	71
2.4.3 建立叶轮主体 .....	72
2.4.4 修剪叶轮主体 .....	72
2.4.5 建立中轴 .....	74
2.4.6 过渡棱边 .....	75
2.4.7 建立动模板 .....	77
2.4.8 合并文件 .....	79
2.4.9 创建导柱孔 .....	79
2.4.10 大过孔造型及背面工艺倒角 .....	81
2.4.11 穿顶杆孔 .....	81
2.4.12 穿水道孔及倒工艺圆角 .....	82

2.4.13 投影二维图形 .....	83	3.4.4 删除刀位 .....	168
2.4.14 叶轮造型技巧小结 .....	84	3.4.5 清除抬刀 .....	169
2.5 练习题 .....	84	3.4.6 轨迹打断 .....	171
<b>第3章 CAXA—CAM(上)</b>		3.4.7 轨迹连接 .....	171
<b>——普通数控铣削加工</b>		3.4.8 两点回抬刀 .....	172
3.1 数控铣加工基础 .....	96	3.5 刀具库与机床后置及代码生成 .....	172
3.1.1 数控铣机床 .....	96	3.5.1 刀具库与机床的关系 .....	172
3.1.2 控制系统 .....	97	3.5.2 机床设置 .....	173
3.1.3 机床坐标系 .....	98	3.5.3 后置处理设置 .....	174
3.1.4 数控加工工艺 .....	99	3.6 练习题 .....	177
3.1.5 数控加工编程基础 .....	103	<b>第4章 CAXA—CAM(下)</b>	
3.1.6 现代数控加工编程技术介绍 .....	109	<b>——其他数控加工</b>	
3.2 CAXA—ME入门 .....	110	4.1 CAXA多轴加工 .....	182
3.2.1 基本概念 .....	110	4.1.1 多轴机床的回转轴 .....	182
3.2.2 简单二维加工实例 .....	118	4.1.2 CAXA四轴加工 .....	182
3.3 各类加工方法 .....	124	4.1.3 CAXA五轴加工 .....	192
3.3.1 平面轮廓加工 .....	124	4.2 CAXA线切割V2软件 .....	205
3.3.2 平面区域加工 .....	129	4.2.1 CAXA线切割概况 .....	205
3.3.3 导动加工 .....	132	4.2.2 CAXA线切割的特点 .....	205
3.3.4 参数线加工 .....	135	4.2.3 轨迹操作 .....	206
3.3.5 限制线加工 .....	143	4.2.4 代码生成 .....	212
3.3.6 曲面轮廓 .....	145	4.2.5 使用G代码的机床参数设置 .....	216
3.3.7 曲面区域 .....	148	4.3 CAXA数控车 .....	216
3.3.8 曲线加工 .....	151	4.3.1 CAXA数控车坐标系 .....	217
3.3.9 等高粗加工 .....	152	4.3.2 CAXA数控车的刀具库 .....	217
3.3.10 钻孔 .....	155	4.3.3 CAXA数控车的刀具刀尖半径补偿 .....	222
3.3.11 投影加工 .....	157	4.3.4 CAXA数控车编程方式(半径/直径) .....	222
3.3.12 等高精加工 .....	159	4.3.5 CAXA数控车的进退刀方式 .....	222
3.3.13 等高精加工的补加工 .....	162	4.3.6 CAXA数控车中的车削速度 .....	223
3.4 轨迹编辑 .....	163	4.3.7 CAXA数控车中的干涉检查 .....	224
3.4.1 刀位裁剪 .....	163	4.3.8 CAXA数控车的粗车功能 .....	225
3.4.2 刀位反向 .....	166		
3.4.3 插入刀位 .....	167		

4.3.9 CAXA 数控车的精车功能 .....	227	5.2.11 SIEMENS(西门子)系统 .....	258
4.3.10 CAXA 数控车车槽功能 .....	227	5.2.12 FAGOR(樊高) .....	259
4.3.11 CAXA 数控车中心孔加工功能 .....	228	5.2.13 CINCINNANTI(辛辛那提) ...	259
4.3.12 CAXA 数控车的螺纹车削功能 .....	228	5.2.14 Num(纽目) .....	259
4.3.13 CAXA 数控车的后置 .....	228	5.2.15 OKUMA(大隈) .....	260
4.3.14 CAXA 数控车的加工仿真 .....	229	5.3 线切割机床通信 .....	261
<b>第 5 章 机床通信</b>		5.3.1 机床简介 .....	261
5.1 机床通信基础 .....	230	5.3.2 计算机与电报头通信 .....	262
5.1.1 系统简述 .....	230	5.4 CAXA—DNC 方案 .....	264
5.1.2 异步通信控制规程 .....	230	5.4.1 CAXA—普通 DNC .....	264
5.1.3 RS-232C 接口 .....	231	5.4.2 CAXA—多路 DNC .....	265
5.1.4 RS-232C 通信电缆连接 .....	233	5.4.3 CAXA—网络 DNC .....	266
5.1.5 主要通信软件 .....	235	<b>第 6 章 CAXA 逆向工程</b>	
5.1.6 通信运用 .....	237	6.1 逆向工程概念 .....	269
5.2 各类机床控制系统通信 .....	239	6.2 逆向工程系统的构成 .....	269
5.2.1 FANUC7 系统通信(并口通信) .....	239	6.3 逆向工程的难点 .....	270
5.2.2 FANUC 系统(串口通信) .....	240	6.4 CAXA 逆向工程应用系统原理简介 .....	270
5.2.3 使用 FANUC 系统的各机床通信 设置情况 .....	243	6.5 CAXA 逆向工程模块 .....	270
5.2.4 Heidenhain 系统 .....	245	6.6 CAXA 逆向工程模块处理过程 .....	271
5.2.5 DECKEL 控制系统 .....	248	6.7 CAXA 逆向工程实用系统应用实例 .....	275
5.2.6 马豪数控系统 .....	251	6.7.1 企业情况调查 .....	275
5.2.7 FIDIA 系统 .....	251	6.7.2 系统设计 .....	275
5.2.8 HELLER .....	253	6.7.3 系统应用流程图 .....	276
5.2.9 三菱控制系统(Mitsubishi) .....	254	6.7.4 系统应用说明 .....	276
5.2.10 ALLEN-BRADLEY(AB)系统 .....	257	6.7.5 系统运行结果 .....	276

# 第 1 章 CAXA—CAM 概述

## 1.1 CAD/CAM 应用发展情况

CAD/CAM 发展的历史至今已有 30 余年,从 1965 年 Lockheed 飞机公司研制 CADAM 系统开始,CAD/CAM 技术的发展大致经历了线框设计/加工、曲面造型设计/加工、实体造型设计/加工、参数化造型设计/加工等几个重要阶段。

CAD/CAM 的硬件平台也从以昂贵的大型机(Mainframe)为主,发展到以工作站(WS)、微机(PC)为主的 CAD/CAM 硬件平台。尤其是近年来微机硬件技术的突飞猛进,使得在廉价的 PC 上普及应用大型 CAD/CAM 系统成为现实。当前以中档产品(MidRange)定位的 CAD 软件,如 Solidwroks 公司的 Solidworks、IBM/CSC 的 Helix(MicroCADAM 的三维产品)、Autodesk 公司的 MDT 等;CAM 软件如 CNC 公司的 MasterCAM、CIMATRON 公司的 CIMATRON,CAD/CAM 软件如 PTC 公司的 Pro/E 等,正是代表了这一发展趋势。

国内 CAD/CAM 的发展经历了七五、八五、九五三个阶段,已经从最初的院校研究性试验品发展到现在较成熟的商品化产品,形成了很有特色的自主品牌 CAD/CAM 产品。较有代表性的有华中理工大学的 CAD 软件“开目”,北航的 CAD 软件“电子图板”、“三维电子图板”和 CAM 软件“制造工程师”、“数控车”、“数控线切割”等。

CAM 应用流程主要有两种。对于标准二轴、三轴(线性轴)加工,一般可以在生成轨迹以后再选择机床、生成代码。应用流程大致如图 1-1。

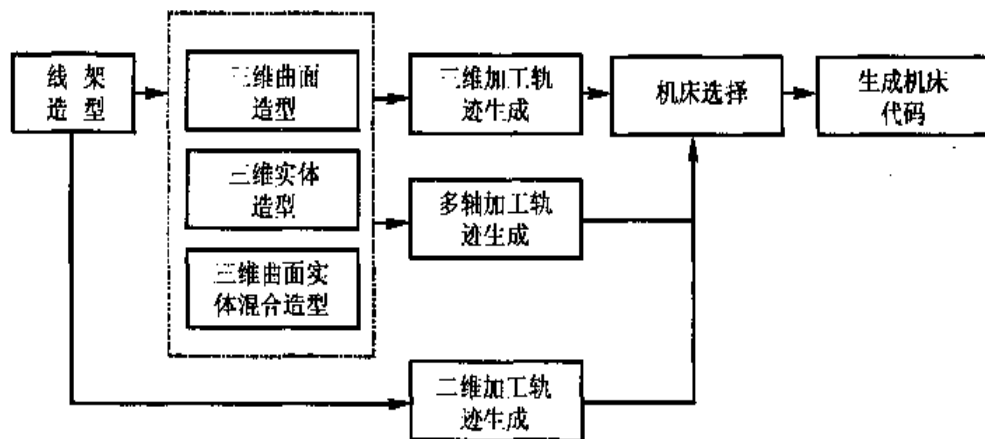


图 1-1



对于特殊的多轴(含回转轴的)加工,有些必须在生成加工轨迹前先确定机床的加工方式,这主要是因为机床的加工方式将决定轨迹生成方式。

## 1.2 CAM 造型和 CAD 造型的差异

### 1.2.1 本质区别

由于加工造型和设计造型的目的不同,决定了加工造型和设计造型存在一定的差异。设计造型的目的是为了将产品的形状和配合关系表达清楚,它要求的几何表达方式比较统一且必须是完整的,一般是三维实体图形或纯二维工程图纸;加工的造型目的是为了给加工轨迹提供几何依据,虽然加工造型的基础是设计造型,但是它的造型表现形式不一定使用统一的几何表达方式,可以是二维线框、三维曲面、三维实体或它们的混合体。

### 1.2.2 CAM 对造型的要求

#### 1. 尽量用二维替代三维

大多数机床在三维曲面或实体的加工中使用直线插补方式,它没有直接生成的二维轨迹的精度高,也没有生成二维轨迹的速度快。所以 CAM 加工中的基本原则是能用二维轨迹完成的,尽量不用三维轨迹做。由此看出,会有很多在设计中做三维造型的产品,在加工中只需要一些二维轮廓。下面用一个例子说明。

如图 1-2 是一个设计用工程图,它包含了三视图和一个轴侧图。

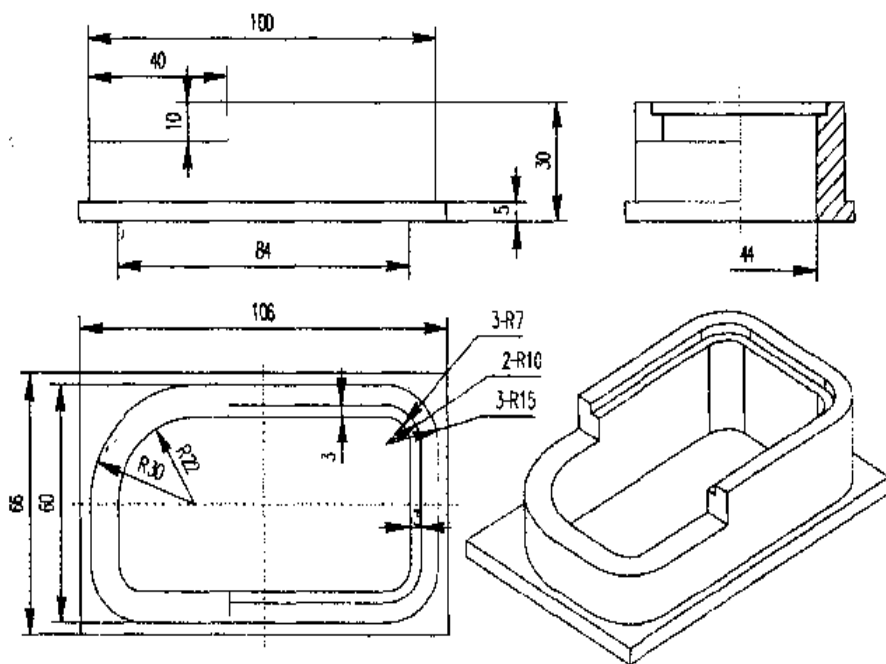


图 1-2

如果用需要进行三维设计,造型就要求将其三维实体形状完全做出来,如图 1-3。

如果采用加工造型,完全可以全部采用二维加工轨迹。其二维加工用图形比其工程图纸还要简单,只需要绘制如图 1-4 的图形即可。



图 1-3

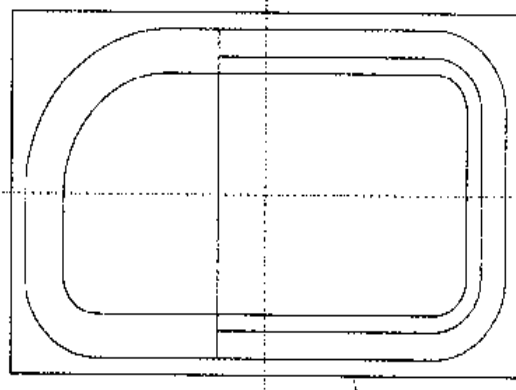


图 1-4

通过 3.3.3 中的导动加工实例也可以很好说明此问题。该实例如果采用曲面或实体造型进行加工都很费事,而采用二维加工方式(导动加工)则很容易,其加工造型可以简化为两个二维轮廓。

## 2. 工艺对造型的特殊需求

即使用于三轴加工的造型,由于需要考虑加工工艺,其造型形状有时也和设计造型迥然不同。下面用一个例子说明。

图 1-5 所示的造型如果作为设计造型做出,应当如图 1-6 所示。如果直接对此实体进行加工,其上表面轨迹将如图 1-7(参数线加工,不做任何工艺处理的情况)。

如果造型时考虑工艺及造型效率和轨迹生成效率,只需要作二维轮廓及一张原始曲面,如图 1-8,即可完全满足加工对造型的需求。

对上述曲面做参数线加工后生成的轨迹将不会在被加工后的表面边缘留下折点及进出刀痕迹。加工后轨迹和被加工实体位置对比如图 1-9。

上述实例中,加工造型只是设计造型的一个中间状态,因此它所用的时间会明显比设计造型用的时间短。生成轨迹时,在设计造型中,需要处理的是实体,系统将从实体上剥离曲面(而且这个曲面还是个裁剪面),然后再对曲面进行加工。而对加工造型,仅仅需要处理现有的曲面即可,速度上要比处理实体快很多。

## 3. 混合模型的使用

混合模型在加工造型中用得很多。它可以是实体、曲面、二维线框的任意混合使用。在设计造型上的混合模型一般是实体和曲面的混合,很少用到线框、曲面的混合。在加工造型中,这种混合应用的主要目的也是为了简化模型,提高效率。

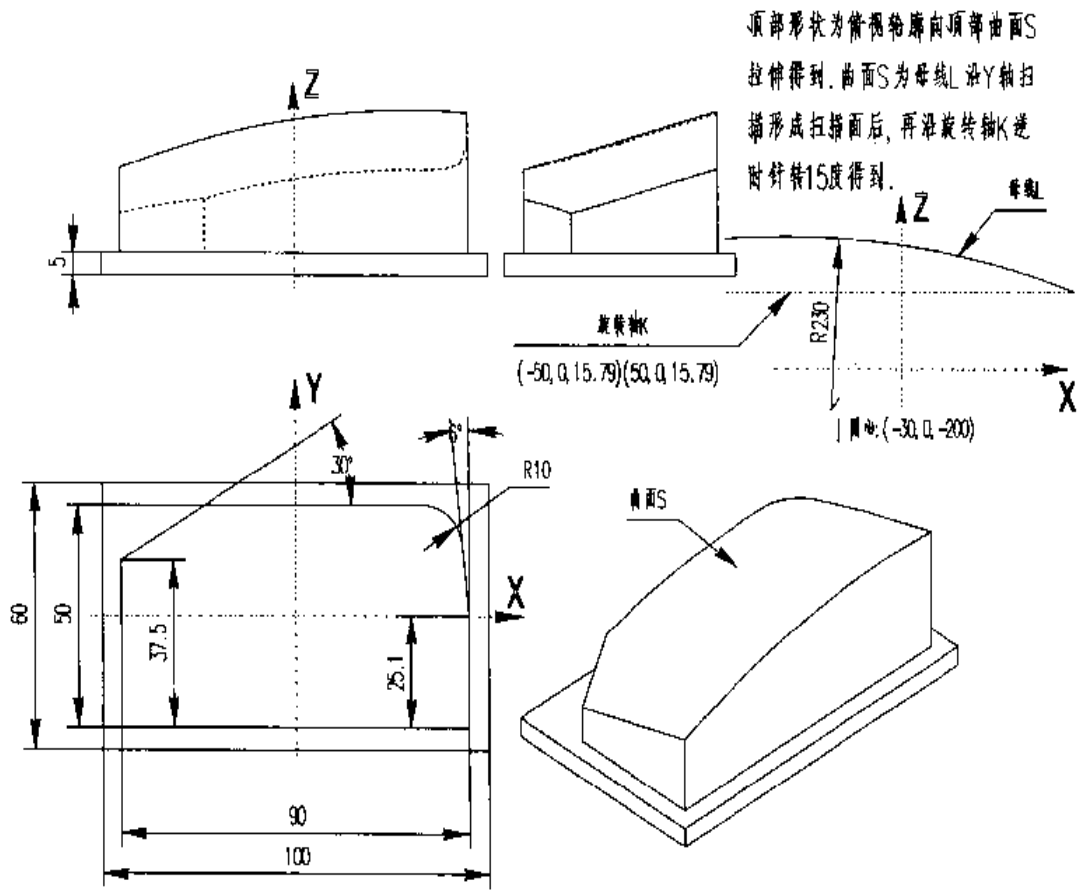


图 1-5



图 1-6

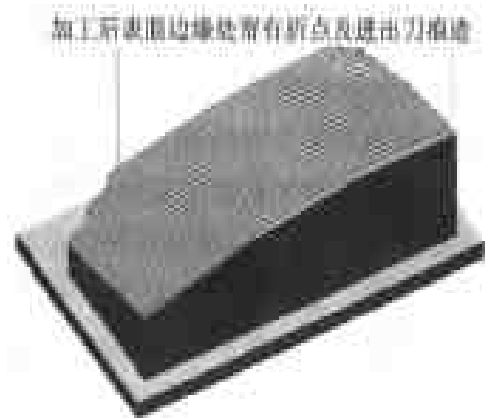


图 1-7

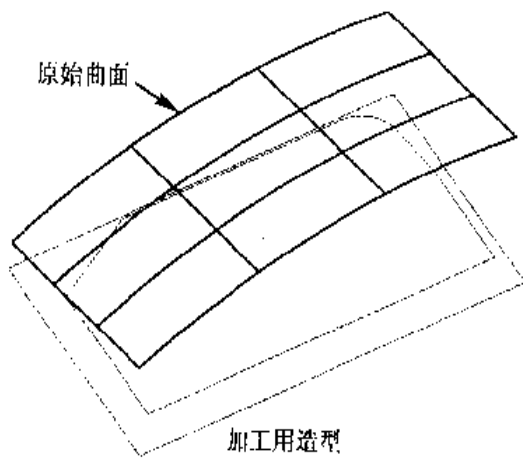


图 1-8

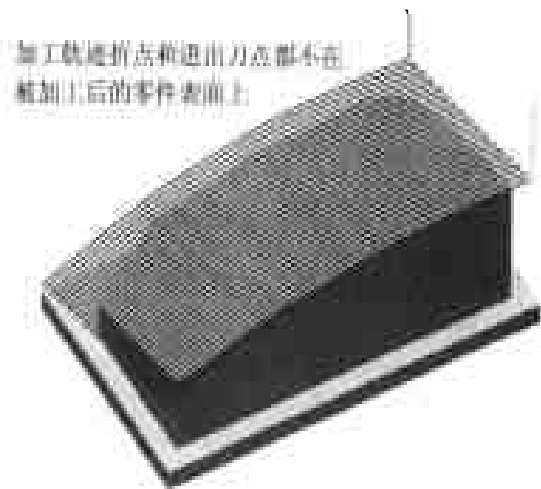


图 1-9

设计造型图形如图 1-10, 在其腔体加工过程中, 可以被简化为如图 1-11 所示曲面和线框的混合模型。简化后的模型在造型和加工中效率都比较高。

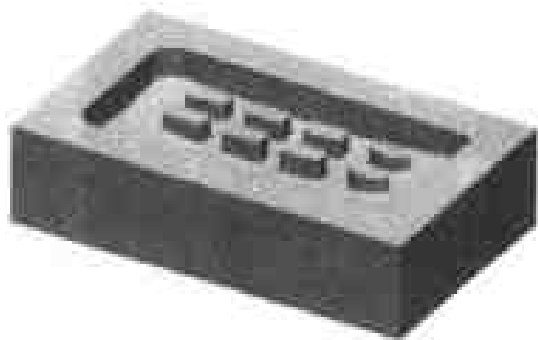


图 1-10

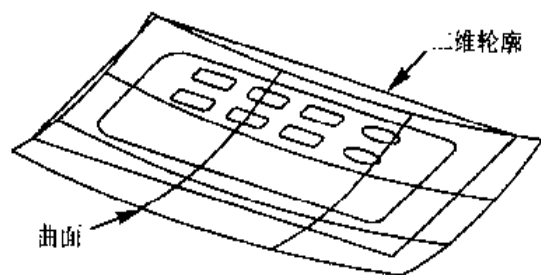


图 1-11

注意: 不是所有的加工用混合模型都比设计用模型简单。有些加工用混合模型因为考虑到零件的装夹、干涉等, 其模型复杂程度反而会有所增加。上述情况是单纯就被加工零件而言的。

#### 4. 化整为零提高运行效率

在 PC 机上进行三维实体设计, 当零件的复杂程度加大时, 运行效率会很低。对于 CAM 来说, 同样会遇到这种问题, 较好的解决方法就是化整为零。CAM 不同于 CAD, 复杂零件如果拆开设计会有很多麻烦, CAM 则是完全可以的。很多企业的应用经验证明, 将一个零件分成很多局部进行 CAM 造型及加工是可行的, 尤其是在低档 PC 上。有些企业甚至将一个完整型腔的粗加工都划分为多个区域进行加工。

## 1.3 CAXA 加工系列

CAXA 数控加工技术包含了数控铣、数控车、数控线切割、数控雕刻等部分。其代表为各个独立的商品化软件及应用模块：制造工程师(CAXA—ME)、多轴加工模块、数控铣(CAXA—Mill)、数控车(CAXA—Lathe)、数控线切割(CAXA—WEDM)、雕刻(CAXA—Carve)软件。

## 1.4 CAXA 系统安装

### 1.4.1 平台需求

#### 1. 硬件

- IBM 兼容微机：
 

CPU	奔腾 166；
内存	32 MB；
显卡	1 兆显存的 PCI 显示卡；
硬盘	剩余空间 500 MB 以上。
- 推荐配置：
 

CPU	奔腾 II 266 以上；
内存	128 MB；
显卡	8 MB 显存以上的 AGP 显示卡(推荐 G400 显卡)；
硬盘	剩余空间 1 000 MB 以上。

#### 2. 操作系统

- Microsoft Windows 95/98、Windows NT4.0、Windows 2000；
- 西文环境需要外挂中文平台。

#### 3. 安装与卸载

参见《CAXA 制造工程师用户指南》第 3~4 页。

### 1.4.2 安装与运行问题

#### 1. 显卡硬件加速问题

CAXA 系列软件使用 OPEN GL 的加速算法。不是所有的显示卡都支持 OPEN GL，有些显卡会和 OPEN GL 加速冲突。如果发生安装失败或运行失败的现象，首先应当调整硬件加速。

#### 2. 数据库冲突问题

CAXA—WEDM 软件是以 CAXA 电子图板为平台的，该软件内置数据管理功能。该数

据管理使用 Microsoft 的 ODBC 库。如果在安装 CAXA—WEDM 软件前,Windows 平台上已经安装了比 CAXA 电子图板使用的数据库版本高的应用程序时,将可能会导致安装失败。

### 3. 加密狗问题

如果安装时正常输入了序列号,重新启动后,运行 CAXA 软件仍然无法找到加密狗。有以下可能:

- 计算机 CMOS 设置的并口模式错误,建议设置为 normal、SPP(标准的)或 EPP 模式,不建议设置为 ECP、ECP+EPP 模式;

- 注册出了问题,使用盗版 Windows,有可能会产生注册失败;

- 加密狗烧了,如果带电插拔,很有可能烧毁加密狗。

### 4. 内存问题

- 内存质量问题。CAXA—制造工程师是一个具有三维造型功能的软件,该软件对硬件质量要求比较苛刻,尤其是内存质量。因为 CAXA 在三维造型(特别是复杂零件造型)时会大量占用物理内存,而 Windows 9X 平时运行时总是最大限度地节省物理内存,经常使用虚拟内存。所以当内存质量不好时,在运行 Windows 系统的其他应用程序时不会发现问题,但是使用三维软件时就频频死机。

- 内存大小问题。当物理内存过小,而造型零件复杂时,系统物理内存很快耗尽,开始使用硬盘模拟内存(虚拟内存),此时如果硬盘不够大或质量有问题,将会因内存不够而死机。

## 1.5 通用数据接口

### 1.5.1 CAXA 系统支持的标准数据接口

CAXA 加工系列支持的数据接口有:

- CAXA 制造工程师—IGES、X\_T、X\_B、DXF(三维)、CSN、EPB、DAT;
- CAXA 数控铣—IGES、X\_T、X\_B、DXF(三维)、CSN、EPB、DAT;
- CAXA 线切割—IGES、DXF、EXB、DWG、WMF、AUTOP、HPGL、DAT;
- CAXA 数控车—IGES、DXF、CSN、DAT。

### 1.5.2 CAXA 的非标准 DAT 数据格式

CAXA 系统为用户提供一种比较简单的、非标准文本格式的数据接口。它的扩展名为 DAT。通过该格式的文件可以输入输出一些图形。CAXA 由 DAT 格式文件读入一个文本数据文件,直接生成点、直线、B 样条曲线和曲面。数据文件的扩展名是 DAT。

该文本文件的格式要求:

文件分段表示,每一段是一个或多个点、直线、B 样条曲线或曲面。

- 点表示为:

```
POINT  
x1,y1,z1  
x2,y2,z2  
...  
xn,yn,zn
```

其中,POINT 是关键字,表示下面一段数据是点。每一行数据是一个点。

- 直线表示为:

```
LINE  
X1,y1,z1  
X2,y2,z2  
...  
xn,yn,zn
```

其中,LINE 是关键字,表示下面一段数据是首尾相连的直线。

- 样条表示为:

```
SPLINE  
n  
x1,y1,z1  
x2,y2,z2  
...  
xn,yn,zn
```

其中,SPLINE 为关键字,表示下面一段是样条数据;n 指有 n 个点;(x1,y1,z1)、(x2,y2,z2)、...、(xn,yn,zn)为 n 个坐标点。

- 曲面表示为:

```
MESH  
m,n  
x11,y11,z11  
x12,y12,z12  
...  
x1n,y1n,z1n  
x21,y21,z21  
x22,y22,z22  
...  
x2n,y2n,z2n
```

```
...  
x11,y11,z11  
x12,y12,z12  
...  
xmn,ymn,zmn
```

其中, MESH 为关键字, 表示下面的数据是曲面;  $m, n$  表示曲面共有  $m \times n$  个点;  $(x11, y11, z11), \dots, (xmn, ymn, zmn)$  是点坐标。

在文件的结尾有关键字 EOF, 表示文件结束。下面是一个数据文件的例子:

```
POINT  
0.0,0.0,0.0  
10.0,0.0,0.0  
20.0,0.0,0.0  
LINE  
60.6654,-159.4661,23.2046  
59.4287,-159.4661,28.0664  
58.1866,-159.4647,32.7342  
57.8873,-159.4582,33.8778  
SPLINE  
4  
60.6654,-159.4661,23.2046  
59.4287,-159.4661,28.0664  
58.1866,-159.4647,32.7342  
57.8873,-159.4582,33.8778  
SPLINE  
8  
58.4501,-154.4661,20.8205  
57.7567,-154.4661,25.6674  
56.6035,-154.4674,30.3814  
55.4083,-154.4643,35.0698  
54.1618,-154.4762,39.9017  
52.8734,-154.4609,44.7170  
51.5494,-154.4669,49.5220  
51.2099,-154.4712,50.7364  
MESH  
6,8  
0,0,0
```



11.615,0,8.373  
23.230,0,21.903  
34.845,0,25.647  
46.460,0,20.320  
58.075,0,14.328  
69.690,0,8.921  
81.305,0,3.808  
0,10,7.313  
11.615,10,16.781  
23.230,10,28.105  
34.845,10,30.786  
46.460,10,26.425  
58.075,10,19.753  
69.690,10,14.019  
81.305,10,8.717  
0,20,11.109  
11.615,20,21.524  
23.230,20,32.104  
34.845,20,34.734  
46.460,20,31.002  
58.075,20,24.728  
69.690,20,19.342  
81.305,20,14.415  
0,30,11.888  
11.615,30,22.471  
23.230,30,32.669  
34.845,30,35.364  
46.460,30,31.680  
58.075,30,25.524  
69.690,30,20.252  
81.305,30,15.488  
0,40,10.035  
11.615,40,20.183  
23.230,40,30.757  
34.845,40,33.332  
46.460,40,29.278  
58.075,40,22.609

```
69.690,40,16.826
81.305,40,11.489
0,50,5.676
11.615,50,14.543
23.230,50,26.692
34.845,50,29.654
46.460,50,24.696
58.075,50,18.320
69.690,50,12.706
81.305,50,7.439
EOF
```

该文件生成 3 个点,3 条直线,2 个 B 样条曲线和 1 个曲面。

注意:MESH 曲面的 U V 值一定要和下面的数据一致。上述例子中 MESH 曲面读入后的形状如图 1-12 所示。

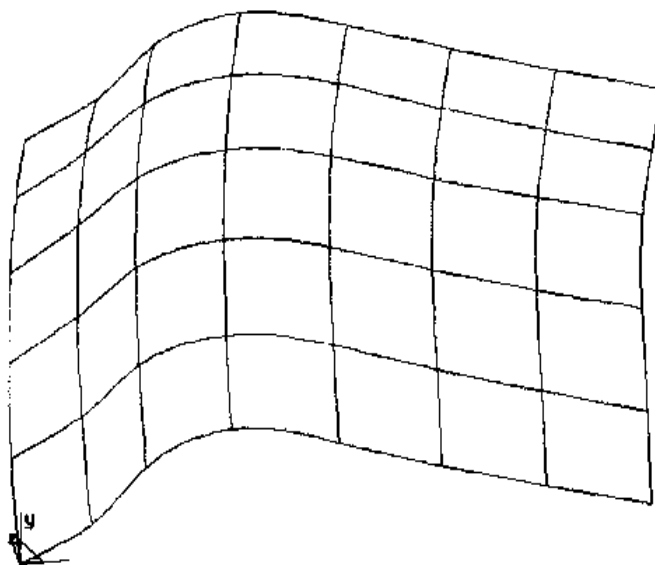


图 1-12

### 1.5.3 DAT 文件的读入输出

CAXA 系统可以直接打开 DAT 文件,也可以在“并入文件”中选择 DAT 文件。读入的 DAT 文件格式与上小节相同。CAXA 系统所属的制造工程师软件,其 DAT 文件输出仅支持样条曲线输出。

## 第 2 章 CAXA 三维造型

### 2.1 三维造型基础

CAXA 的造型方法分为三大类:一为线架,二为曲面,三为实体。这三种造型方法各有特色,可以独立造型也可以相互结合造型。

- 线架造型是直接使用空间点、直线、圆弧、样条线曲线等表达二维形状的造型方法。
- 曲面造型是使用各种数学曲面方式表达零件形状的造型方法。
- 实体造型是通过体的交并差方式进行造型的方式。采用实体造型时,必须先基准面上建立草图,然后对草图进行拉伸、旋转、放样等特征造型功能操作。

#### 2.1.1 空间线架

##### 1. 空间线架的作用

空间线架是计算机图形中发展最早的造型方式。它是曲面造型和实体造型的基础,运用灵活、可靠。但用它表示零件形状时,耗时长且直观性差。目前空间线架主要用作曲面造型和实体造型的辅助工具。

##### 2. 空间点的输入

点的输入是任何一个 CAD/CAM 软件所必备的。点输入方式的好坏往往决定了一个软件使用方便性的好坏。CAXA 的输入包括三维造型下的二维和三维点输入及 EB3D 附带的 EB2000 中的二维点输入。在此仅讨论 EB3D 三维造型下的点输入(目前 EB3D 和 ME 的输入法相同)。

EB3D 的点输入方式主要有以下三个功能:

- 提供绝对坐标省略输入法;
- 提供相对坐标的输入;
- 提供表达式的输入。

##### (1) 坐标表达方式

坐标表达方式分为完全表达和不完全表达。

- 完全表达,即将 xyz 三个坐标全部表示出来。数字间用逗号分开。如“30,50,40”代表坐标  $X=30, Y=50, Z=40$  的点。

● 不完全表达,即 xyz 三个坐标省略方式。当其中一个坐标值为零时,该坐标可省略不标,其间用逗号隔开即可。如坐标“30,0,40”可以表示为“30,,40”;坐标“0,0,40”可以表示为“, ,40”。

### (2) EB3D 的点输入方式

#### ● 绝对坐标的输入

当 EB3D 在绘制两点直线或其它需要输入点的状态时,有两种方法可以输入点的绝对坐标。一种为按回车键,系统在屏幕正中弹出数据输入框,在框中输入坐标如:“30,50,50”。另一种为直接输入坐标值,系统将在屏幕正中自动弹出数据输入框。注意,该方法输入时虽然省略了按回车键的操作,但是不适合所有的数据输入。如当输入的数据第一位使用省略方式时或相对坐标输入时就不行。

#### ● 相对坐标的输入

EB3D 相对坐标输入需要在坐标数据前加“@”符。该符号的含义为:后面的坐标值是相对于当前点的坐标。

例:两点直线,第一点坐标为(25,40),第二点坐标是相对于第一点的(45,20)

在 EB3D 的输入方法中有如图 2-1(a)、(b)两种表示方法。

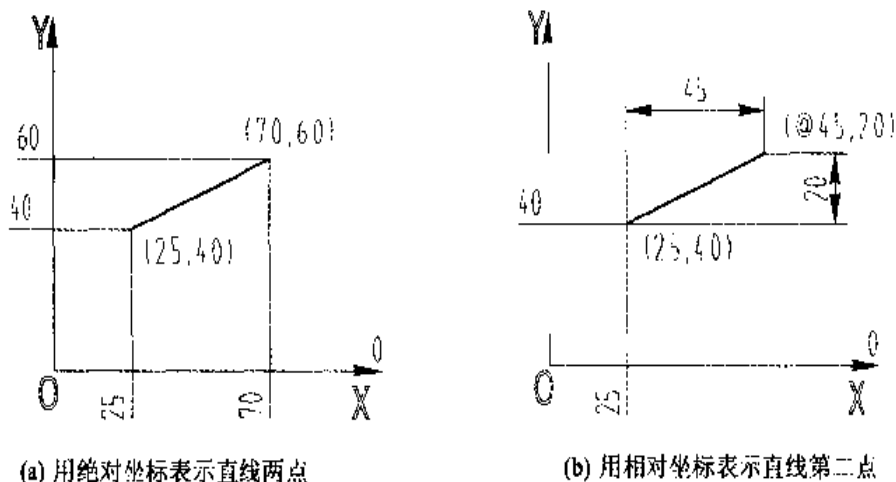


图 2-1

注意:相对输入时,必须先按回车键,让系统在屏幕中央弹出数字输入框。

### (3) 函数表达式方式

EB3D 在坐标点输入时提供了表达式输入方式。如需输入坐标“100/2,30 \* 2,140 \* sin(30)”等同于计算后坐标“50,60,70”。

## 3. 工具点的使用

绘图过程中,一定会用到很多切点、交点、端点等各种特殊点。EB3D 提供的这类点包括:缺省点、端点、中点、交点、圆心、垂足点、切点、最近点、控制点、存在点等。在 EB3D 中这些点统称工具点。

### (1) 弹出工具点菜单

在 EB3D 中,当需要输入工具点时,可以按空格键弹出工具点菜单,如图 2-2。

### (2) 工具点的省略输入方式

当需要使用工具点时,如果不希望每次都按空格键弹出工具点菜单,可以使用简略放式。

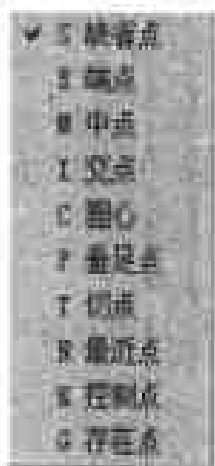


图 2-2

当要使用缺省点时:按“s”键;

当要使用端点时:按“e”键;

当要使用中点时:按“m”键;

当要使用交点时:按“i”键;

当要使用圆心点时:按“c”键;

当要使用垂足点时:按“p”键;

当要使用切点时:按“t”键;

当要使用最近点时:按“n”键;

当要使用控制点时:按“k”键;

当要使用存在点时:按“g”键。

注意:EB3D 系统设置中提供了一种功能,点拾取工具的锁定和恢复功能。该功能在顶部菜单“设置”下“系统设置”内的“参数设置”里。该“参数设置”里有“点工具拾取”的“锁定”和“恢复”两个选项。当选项设置为“锁定”时,使用一次工具点,如“端点”捕捉后,系统将保持下一次点捕捉时也使用端点方式捕捉。当选用设置为“恢复”时,使用一次工具点后,系统将不再保留次种工具点的捕捉方式,而回复到原来的工具点捕捉方式。

### (3) 几种特殊的工具点

#### ● 缺省点

系统默认的点捕捉状态,它能自动捕捉直线、圆弧、样条的端点,直线、圆弧、圆的中点,捕捉实体特征的角点。

#### ● 交点

可捕捉任意两曲线交点,如图 2-3(a),且曲线可以是空间的曲线。如果是同一平面内的曲线,可以捕捉曲线延长后的虚交点,如图 2-3(b)。

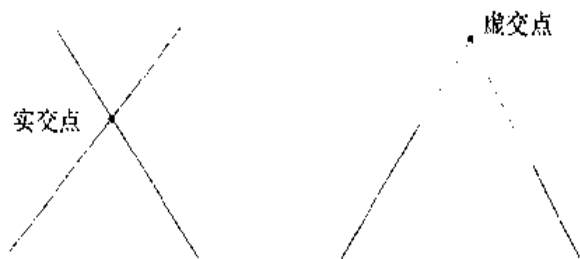


图 2-3

交点捕捉方式有两种:分别拾取两条曲线,系统自动计算两曲线交点;拾取两曲线大致交点处,让系统自动捕捉光标覆盖范围内的曲线交点。

#### ● 最近点

最近点表示捕捉光标覆盖范围内,从光标当前位置到最近曲线上距离最短的点,如图 2-4 所示。

注意:如果光标拾取的位置附近没有曲线,系统会将光标在屏幕上的当前点位作为捕捉点。

#### ● 控制点

控制点表示捕捉样条曲线的型值点。当捕捉光标移动靠近样条曲线时,其所有型值点会变亮,光标靠近哪个型值点,即捕捉那个型值点。选中后需按鼠标左键确认。图 2-5 显示一条样条曲线的型值点情况。

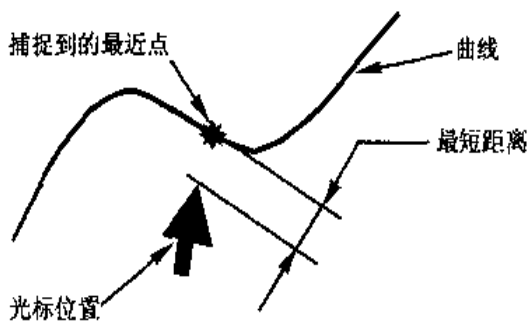


图 2-4

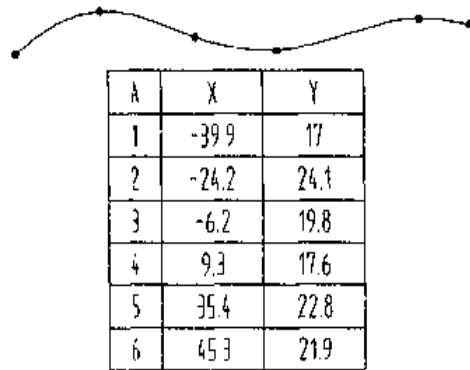


图 2-5

### 4. 点线绘制实例

要点:直线,绝对坐标和相对坐标输入。

要求:绘制如图 2-6 所示图形。第一点用绝对坐标输入(0,30,0);第二点用相对于第一点的坐标输入(0,-60,0);第三点用相对第二点的坐标输入(0,30,60)。


#### (1) 进入 EB3D

在“桌面”上用鼠标左键双击 EB3D 的图标,系统将进入 EB3D 界面。当前界面是初始化的。

#### (2) 切换视角

按键盘上部的功能键“F8”切换视角到轴侧。

#### (3) 进入直线绘制

寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“直线”绘制图标,移动光标到该图标上。点击鼠标左键,系统在左侧特征栏内弹出直线的菜单,如图 2-7 所示。系统左下角提示输入直线

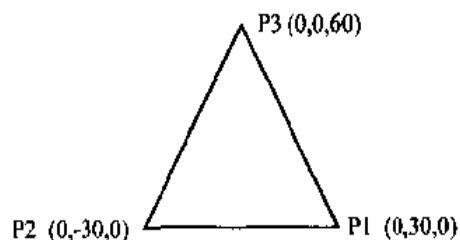


图 2-6



图 2-7

的“第一点”。

(4) 用绝对坐标输入第一点坐标

按回车键在屏幕中央弹出数据输入框,或直接按第一点数字键“0”也可以弹出数字输入框,在输入框中输入第一点坐标“0,30,0”按回车键。系统左下角提示输入“第二点”。

(5) 用相对坐标输入第二点坐标

按回车键再次在屏幕中央弹出数字输入对话框。输入第二点相对第一点的坐标“@,-60,”按回车确认。屏幕上将绘制出第一条直线。

注意:在相对坐标前一定要输入“@”符号;此处用了简化输入方式,也可以用完全输入方式输入“@0,-60,0”;此次只能用按回车键的方法弹出输入框,不能直接用“@”。

(6) 用相对坐标输入第三点坐标


按回车键在屏幕中央弹出数字输入对话框。键盘输入“@,30,60”,按回车键确认。屏幕上将绘制出第二条直线。

(7) 用绝对坐标输入结束点坐标


直接用键盘输入“0,30,0”后按回车键,系统绘制出第三条直线。

注意:此时如果用简化输入方式输入“,30,”必须在此之前用键盘回车键弹出输入框。否则必须用完全输入方式。

(8) 退出直线绘制

按一次鼠标右键,结束直线绘制,或用鼠标左键再点击一次屏幕右侧“曲线生成”图标组中“直线”绘制图标。

(9) 退出草图

按键盘上部的功能键“F2”,退出草图。或使用鼠标左键再点击一次屏幕右侧的“草图”图标,让下凹的该图标复原。

绘制完成的图形如 2-8 所示。

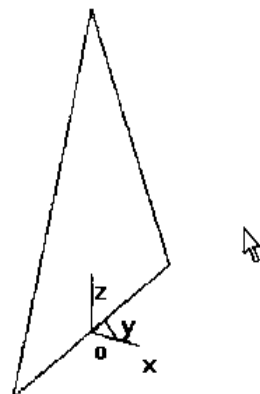


图 2-8

## 2.1.2 二维线架实例


要点:公式曲线、圆弧、切点、端点。

要求:作如图 2-9 所示图形。左侧为渐开线,原点为(0,0),变量  $t$  的起终值范围(0,6), $t$  单位为弧度。右侧为半径 R10 的圆。

### 1. 进入 EB3D

在“桌面”上用鼠标左键双击 EB3D 的图标,系统将进入 EB3D 界面。当前界面是初始化的。

### 2. 绘制曲线

寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“公式曲线”绘制图标,移动光标到该图标上,点

击鼠标左键,系统弹出公式曲线对话框,如图 2-10 所示。

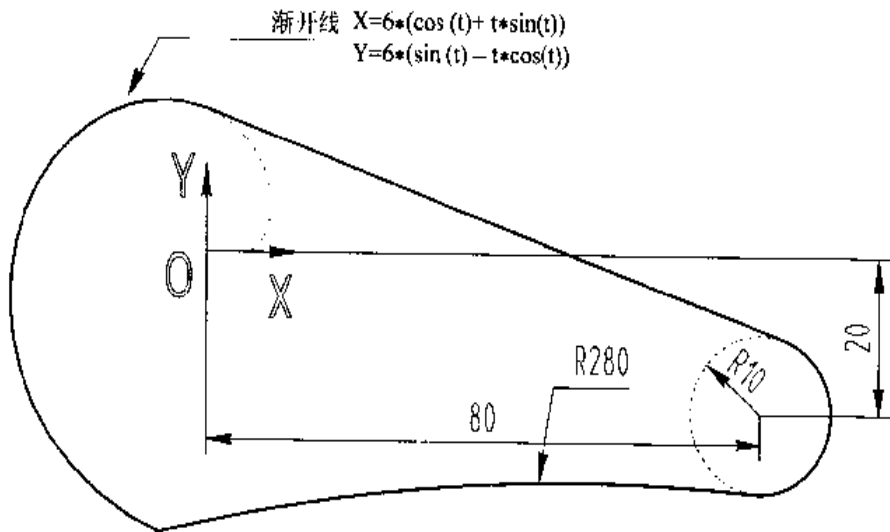


图 2-9



图 2-10

用鼠标左键点击该对话框中“X(t)=”后的输入框。先删除原来的表达式。然后用键盘输入 t 表示的 X 函数:“6 \* (cos(t)+t \* sin(t))”。

再用鼠标左键点击该对话框中“Y(t)=”后的输入框,同样需要删除原来的表达式,再用



键盘输入用  $t$  表示的  $Y$  函数：“ $6 * (\sin(t) - t * \cos(t))$ ”。

注意：公式曲线的表达式中，所有的角度目前多需要用弧度表示。另对于“ $\sin a$ ”这样的数学表达式必须加括号，表示为“ $\sin(a)$ ”。

用鼠标左键点击“终止值”输入框，删除原有值，输入“6”。

修改后该对话框显示应当如图 2-11。





图 2-11

用鼠标左键点击“公式曲线”对话框中“确定”按钮，此时在屏幕绘图区内移动鼠标，可以看到动态拖动的渐开线图形，系统在左下角提示要求输入“曲线定位点”。

按回车键，系统在屏幕中央弹出数据输入框，用键盘输入该公式曲线的定位点坐标“0,0”后按回车键确认。系统将该渐开线绘制成如图 2-12 所示。

### 3. 绘制圆

寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“整圆”绘制图标“”，移动鼠标，让光标移动到该图标上，点击鼠标左键。系统在左侧特征栏内弹出圆的菜单“”，并在屏幕左下角提示输入“圆心点”。

用键盘输入圆心点坐标“80,-20”后按回车键。系统在屏幕左下角提示“输入圆上一点或半径”。此时如果在屏幕绘图区内移动鼠标，可以看到圆心在(80,-20)处，半径动态变化的圆。

直接用键盘输入圆的半径“10”后回车。系统将半径为 10 的圆绘制在坐标为(80,-20)的位置。当前屏幕绘图区显示如图 2-13 所示。

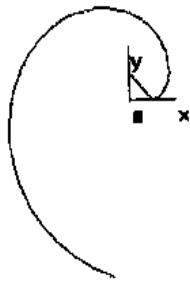


图 2-12

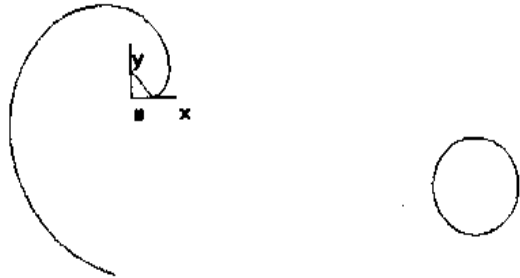


图 2-13

#### 4. 绘制切线


寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“直线”绘制图标“”，移动光标到该图标上，点击鼠标左键，系统在左侧特征栏内弹出直线的菜单，如图 2-14。系统左下角提示输入直线的“第一点”。





图 2-14

此时按键盘的空格键弹出工具点菜单。移动鼠标到该工具点菜单上的“T 切点”选项，用鼠标左键点击，如图 2-15 所示。系统在右下部显示栏显示“拾取曲线”，并显示捕捉点状态为“切点”。



图 2-15

注意：上述工具点的选择是用键盘空格进行选取的。如果不用空格键弹出工具点菜单，也可以直接按键盘上的“T”字符。



当捕捉状态变为切点捕捉后，移动鼠标让屏幕上的光标移到样条曲线的上部。当光标形状由“”变换到“”时，表示捕捉到该样条曲线，如图 2-16 所示。

按鼠标左键确认捕捉的样条线，系统将捕捉该样条上的动态切点，此时移动鼠标可以看到与样条相切的动态的直线，如图 2-17 所示。

移动鼠标将光标放到圆的上半部位置，让光标变为如图 2-18 所示。

按鼠标左键确认，再按鼠标右键结束直线绘制。系统将切线绘制成功，如图 2-19 所示。

#### 5. 绘制圆弧

寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“圆弧”绘制图标“”，移动鼠标，让光标移动到该图标上，点击鼠标左键。系统在左侧特征栏内弹出圆弧的菜单“”，用鼠标左键点击该特征栏内的圆弧菜单，该菜单展开圆弧功能选项。

移动鼠标，让光标停在该菜单的“两点\_半径”选项上，如图 2-20 所示。

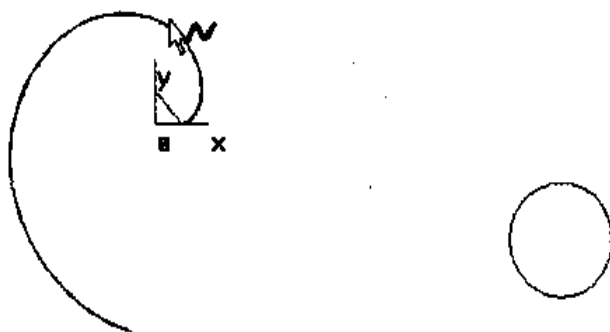


图 2-16

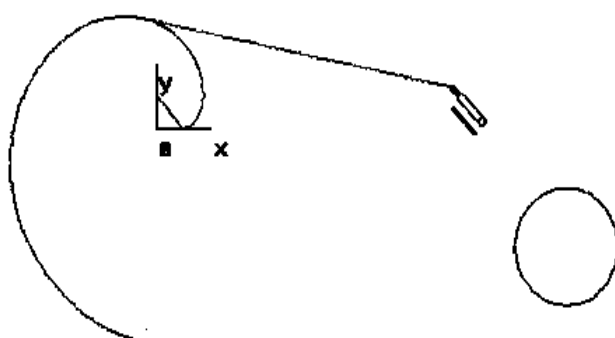


图 2-17

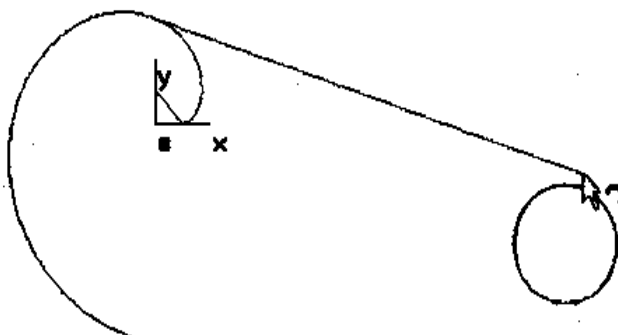


图 2-18

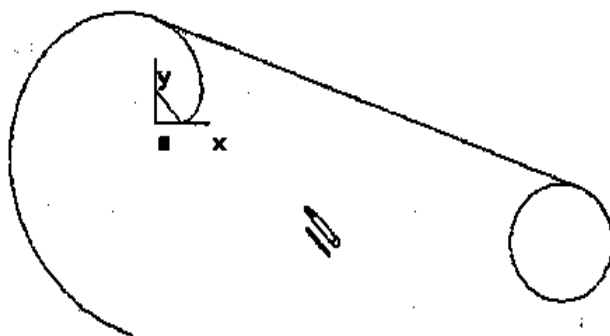


图 2-19

用鼠标左键点击确认。系统在屏幕左下角由提示要求输入“第一点”。

按键盘空格键,弹出工具点菜单(也可以直接按键盘字符“E”)。



用鼠标左键点击该工具点菜单中的“端点”。再移动光标到屏幕上渐开线,靠近下端点处,让光标变为“”后按鼠标左键确认。此时系统左下角提示输入“第二点”。



图 2-20

用空格键弹出工具点菜单,用鼠标左键点击工具点菜单中的“切点”(或直接按键盘字符“T”)。移动光标到圆的下半部位置,当光标显示为“”时按鼠标左键确认。此时再移动光标可以看到有一个动态的圆弧跟随光标移动。系统左下角提示输入“第三点或半径”。

移动光标让动态圆弧变为如图 2-21 所示。

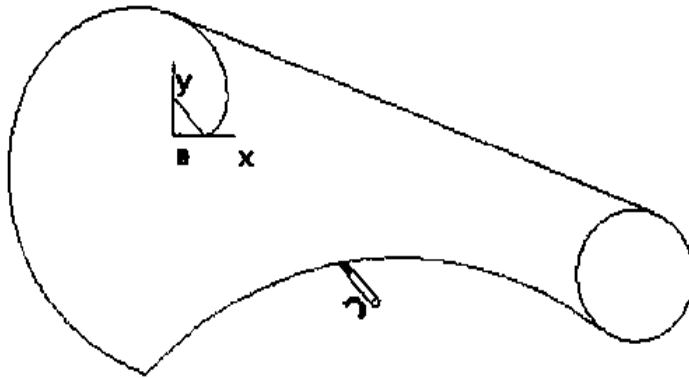


图 2-21

此时按键盘回车键,系统将在屏幕中央弹出数字输入对话框,输入圆弧半径“280”(也可以不按回车键,而直接用键盘数字键输入“280”)。然后按回车键,该圆弧将被绘制成功,显示如图 2-22 所示。

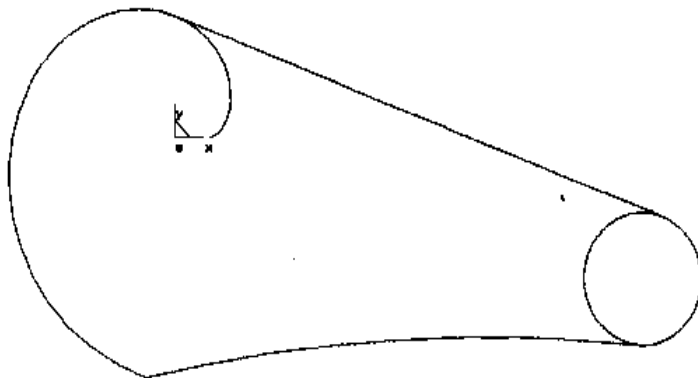


图 2-22

## 2.1.3 线架绘制练习

## 1. 挡块绘制

要求:分别绘制下面图 2-23 所示的两个视图的二维图形。

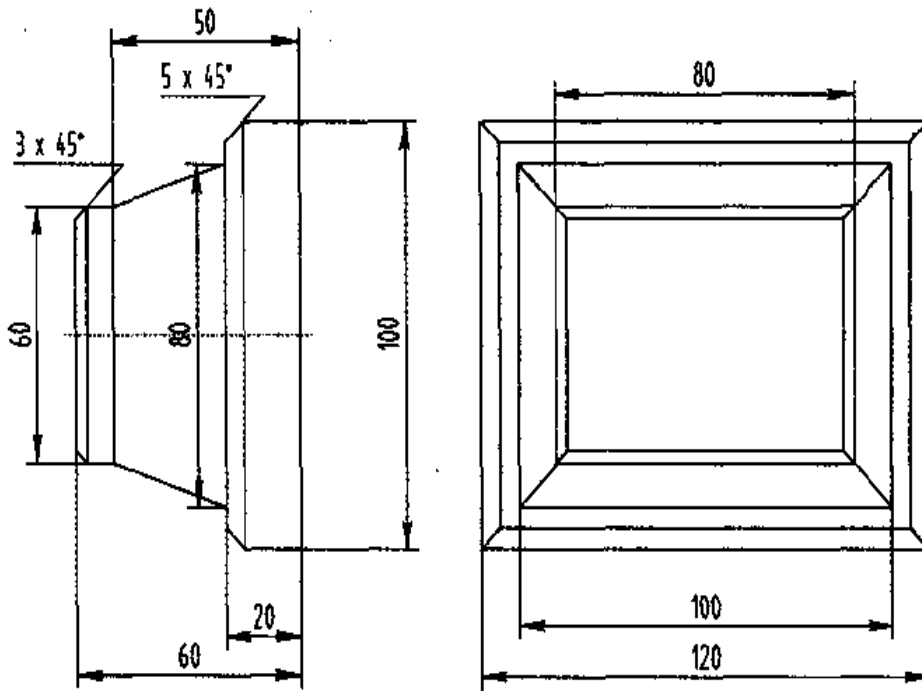


图 2-23

## 2. 耦合凸轮线架绘制

要求:绘制图 2-24 所示中第一视图的二维线框图。

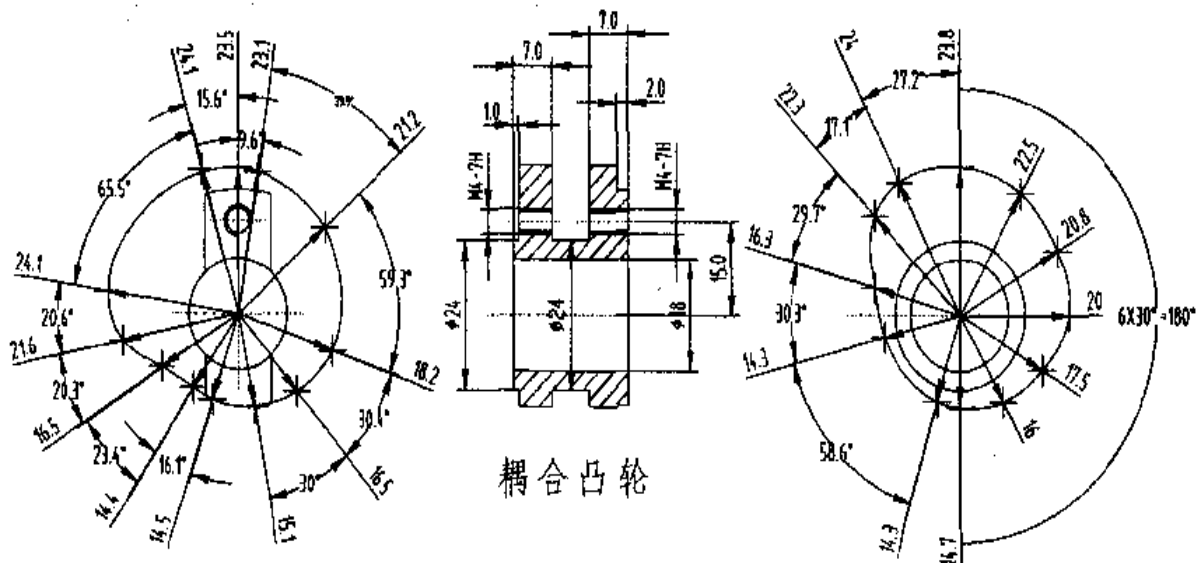


图 2-24

### 3. 脚踏杆二维图形绘制

要求：绘制图 2-25 中主视图的二维线框图。

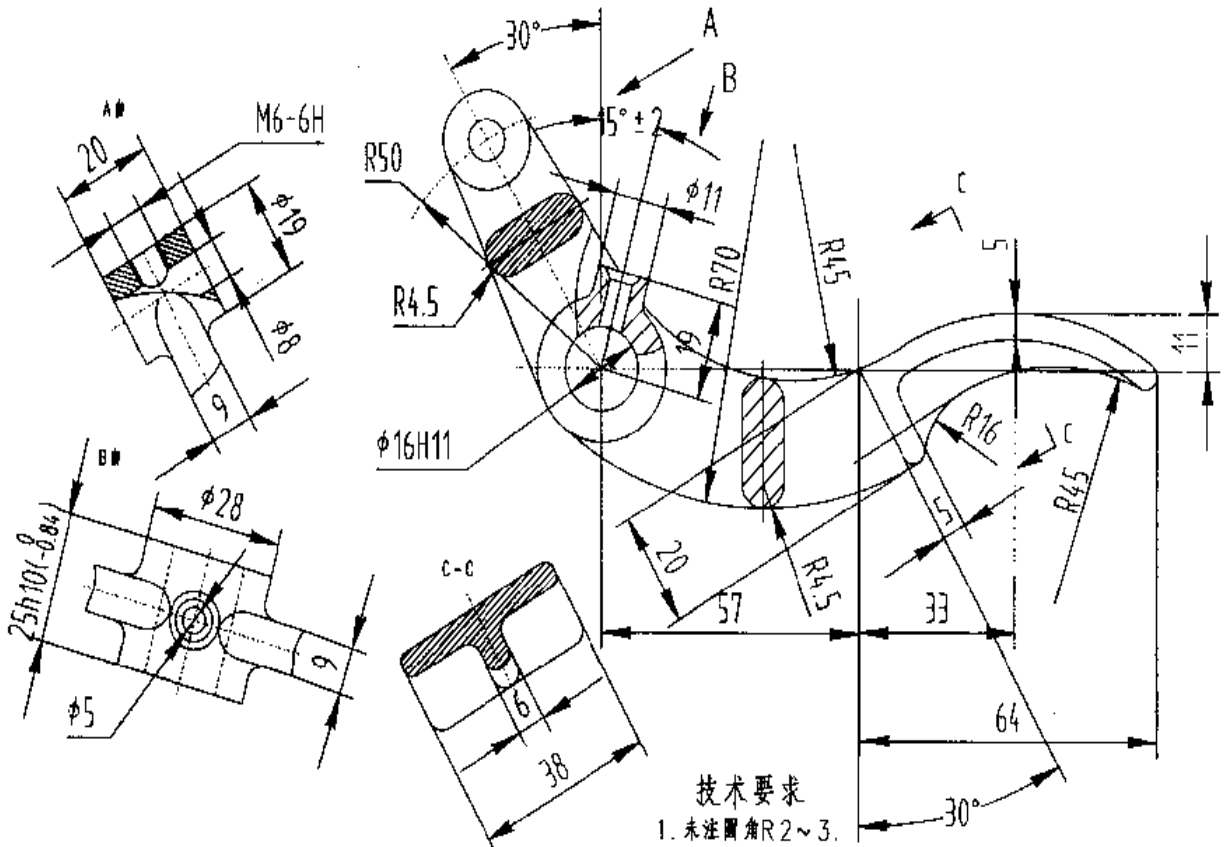


图 2-25

### 4. 挡块三维线架绘制

要求：用三维线架绘制图 2-23 中的挡块图案。

#### 2.1.4 曲面

##### 1. 直纹面 (Rule)

定义：直纹面是由一根直线两端点分别在两曲线上匀速运动而形成的轨迹曲面。

要点：直纹面的特性（母线和素线为直线）

生成方式：“曲线+曲线”、“点+曲线”、“曲线+曲面”。

### (1) 曲线+曲线

如图 2-26 所示,在两条自由曲线(a)之间生成直纹面(b)。

注意:在拾取曲线时应注意拾取点的位置,应拾取曲线的同侧对应位置,否则将使两曲线的方向相反,生成的直纹面发生扭曲。如系统提示“拾取失败”,可能是由于拾取设置中没有这种类型的曲线。解决方法是点取“设置”菜单中的“拾取过滤设置”,在“拾取过滤设置对话框”的“图形元素的类型”中选择“选中所有类型”。



图 2-26

### (2) 点+曲线

如图 2-27 所示,在一个点和一条曲线(a)之间生成直纹面(b)。

注意:对于“点+曲面”生成的直纹面,不要在如图 2-27(c)中箭头所示方向上进行曲面延伸编辑。

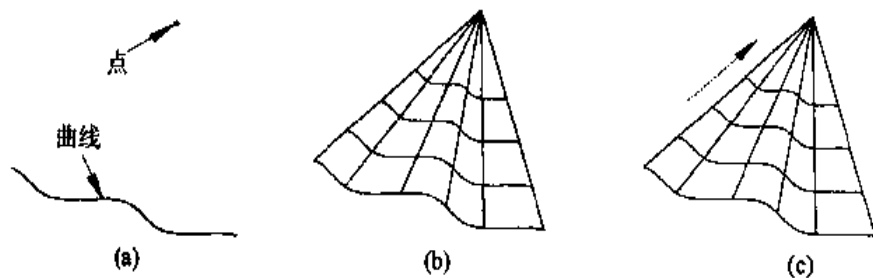


图 2-27

### (3) 曲线+曲面

该功能实际上是“曲线+曲线”方式生成直纹面的扩充。如图 2-28,在一条曲线和一个曲面(a)之间生成直纹面(b)。曲线沿着一个方向向曲面投影,同时曲线与这个方向垂直的平面内上以一定的锥度扩张或收缩,生成另外一条曲线,在这两条曲线之间生成直纹面。

用户可以通过矢量的方式给定投影方向,并选择锥度是向外扩张还是向里收缩。扩张或

收缩的大小可通过“无模式菜单”来给定角度。

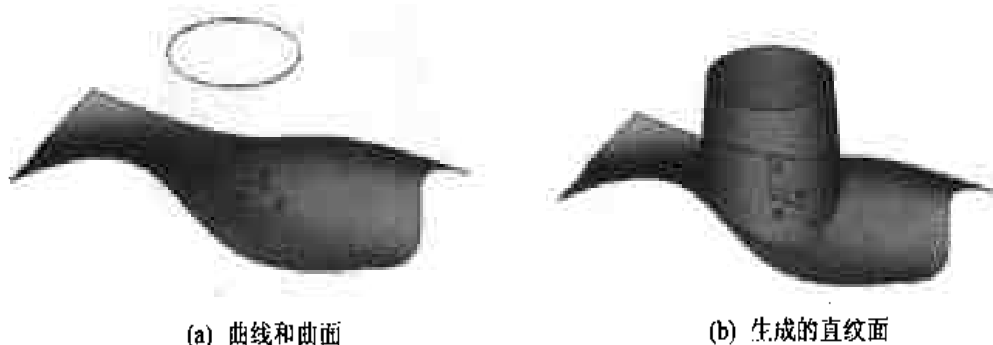


图 2-28

注意:当曲线沿指定方向,以一定的锥度向曲面投影作直纹面时,如果曲线的投影线不能全部落在曲面内,直纹面将无法作出。

### 2. 旋转面 (Revolve)

定义:按给定的起始角度、终止角度将曲线绕一旋转轴旋转而生成的轨迹曲面。

要点:注意旋转线和旋转轴不要相交;

选择方向时,箭头方向与曲面旋转方向两者遵循右手螺旋法则。

如图 2-29,曲线和方向如(a)图,则旋转方向如(b)图。

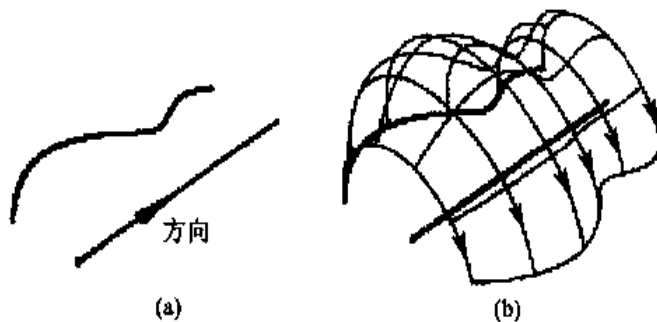


图 2-29

### 3. 扫描面 (Tabu)

定义:按照给定的起始位置和扫描距离,将曲线沿指定方向以一定的锥度扫描生成曲面。

要点:它是直纹面的一种。注意扫描夹角的方向遵循右手定则。

如图 2-30,即将一曲线(a),设一方向扫描生成曲面(b)。

### 4. 放样面 (Loft, Skin)

定义:以一组互不相交、方向相同、形状相似的特征线(或截面线)为骨架进行形状控制,过这些曲线蒙面生成的曲面称之为放样曲面。截面线方式源于造船行业。

要点:截面线的选取一定要注意选取位置,保持在同一侧,否则生成的曲面将会扭曲。



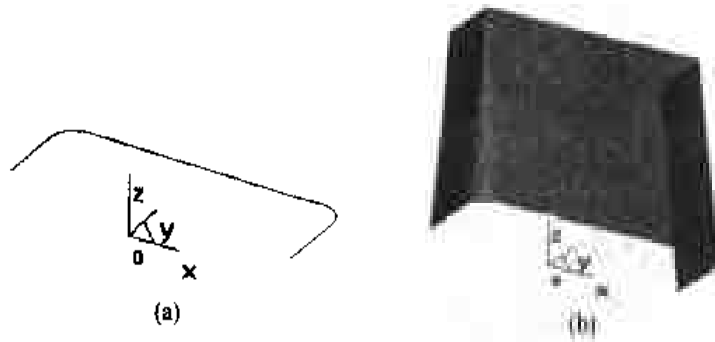


图 2-30

生成方式:标准的放样面生成如图 2-31,以一组特征线(a)为骨架,生成曲面(b);含曲面的放样面生成如图 2-32,以曲线和曲面(a)生成曲面(b)。

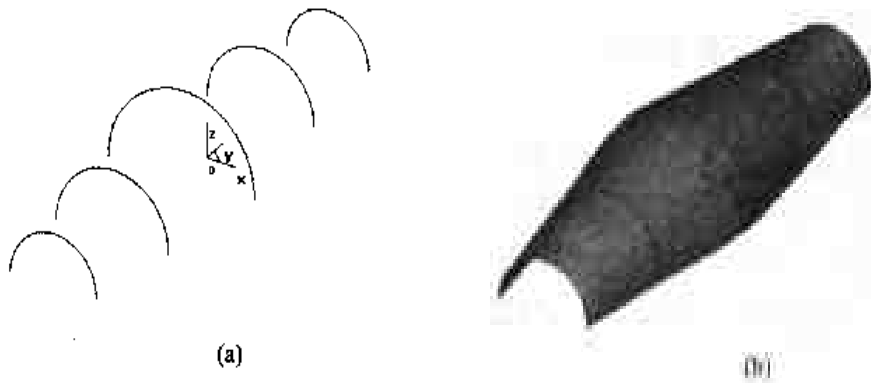


图 2-31



图 2-32

### 5. 边界面(Boundary)

定义:在由已知曲线围成的边界区域上生成曲面。

要点:三边界、四边界(与拾取边界时顺序无关);

拾取的曲线必须是首尾相连的封闭环,才能作出边界面;

拾取的曲线应当是光滑曲线。

生成方式：三边面、四边面。

## 6. 网格面 (Mesh)

定义：网格曲线——由特征线组成的横竖相交线叫做网格曲线；

网格曲面——以网格曲线为骨架，蒙上自由曲面而生成的面称之为网格曲面。

特征网格线可以是曲面边界线或曲面截面线等等。由于一组截面线只能反应一个方向的变化趋势，所以还可以引入另一组截面线来限定另一个方向的变化，形成一个网格骨架，控制住两方向(U 和 V 两个方向)的变化趋势，如图 2-33，使特征网格线基本上反映出设计者想要的曲面形状。在此基础上插值网格骨架生成的曲面必然将满足设计者的要求。

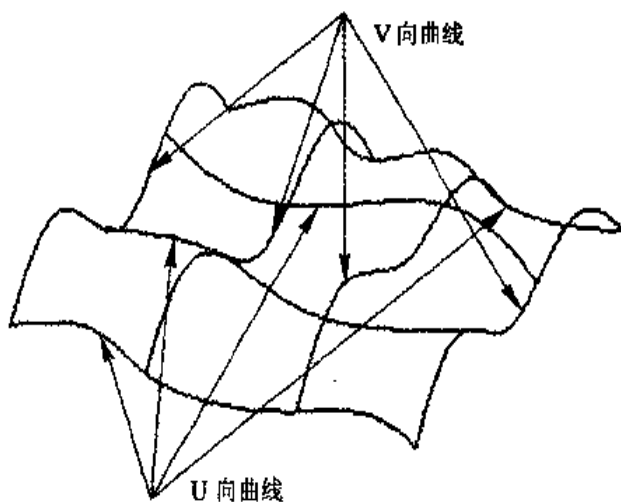


图 2-33

要点：U、V 线必需有真正交点；

拾取顺序要求一致；

拾取的曲线应当是光滑曲线；

网格曲线组成四边形网格，规则网格与不规则网格均可。插值区域由四条边界曲线围成；不允许有三边域、五边域或多边域。

如图 2-34 中，(a)、(b)为允许的网格形状，(c)为不允许的网格形状。

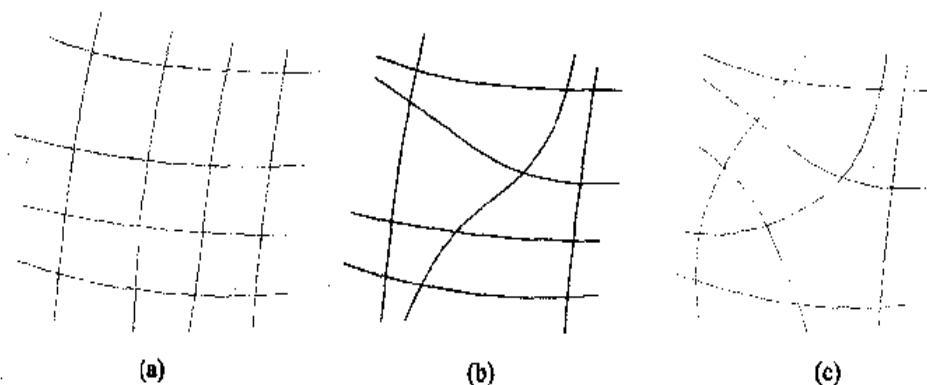


图 2-34

## 7. 等距面 (Offset)

定义：按给定距离与等距方向生成与已知曲面等距的曲面。这个功能类似二维电子图板中的“等距线”命令，不同的是“线”改成了“面”。

要点：等距值不能大于曲面的最小曲率半径。

如图 2-35，即由图(a)曲面生成图(b)中的等距面。

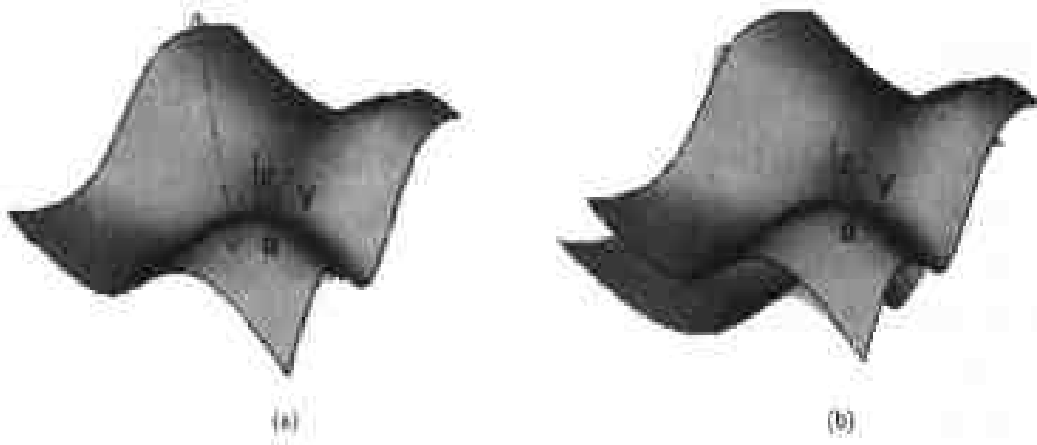


图 2-35

### 8. 导动面(Sweep)

定义:让特征截面线沿着特征轨迹线的某一方向扫动生成的曲面称之为导动曲面。

生成导动曲面的基本思想:选取截面曲线或轮廓线沿着另外一条轨迹线扫动生成曲面。


为了满足不同形状的要求,可以在扫动过程中,对截面线和轨迹线施加不同的几何约束,让截面线和轨迹线之间保持不同的位置关系,就可以生成形状变化多样的导动曲面。如截面线沿轨迹线运动过程中,可以让截面线绕自身旋转,也可以绕轨迹线扭转,还可以进行变形处理,这样就产生各种方式的导动曲面。

**截面线含义:**截面线可以是曲面的边界线或曲面与平面的交线(也称剖面线)。截面线用来控制曲面一个方向上的形状。截面线的运动形成了导动曲面。

**导动线含义:**导动线是用于确定截面线在空间的位置,约束截面运动的曲线。



图 2-36

系统中导动面的生成主要有平行导动、固接导动、导动线 & 平面、导动线 & 边界线、双导动线、管道曲面六种方式,可以通过立即菜单切换如图 2-36。点取图标“”,即可激活导动面功能。

除平行导动外,各种导动方式均可在两个截面线之间进行导动。双截面导动时,第一截面在沿导动线的运动过程中逐渐变形成第二截面。单截面导动和双截面导动可以通过“无模式菜单”来切换。在进行双截面线导动时,两根截面线的方向应一致,否则曲面将发生扭曲,形状难以预料。截面线的方向在拾取时由拾取点的位置来确定,即拾取点与截面线哪个端点近,那个端点就是截面线的起点。

#### (1) 平行导动

截面线沿导动线趋势始终平行自身移动生成曲面,截面线在运动过程中没有旋转。素线平行于母线。

## (2) 固接导动

固接导动是指在导动过程中,截面线和导动线保持固接关系,即让截面线平面与导动线的切矢方向保持相对角度不变,而且截面线在自身相对坐标架中的位置关系保持不变,截面线沿导动线变化的趋势导动生成曲面。

素线和导动线的角度等于母线和导动线的夹角。

## (3) 导动线 & 平面

截面线按以下规则沿一条平面或空间导动线(脊线)扫动生成曲面。规则:第一,截面线平面的方向与导动线上每一点的切矢方向之间相对夹角始终保持不变;第二,截面线的平面方向与所定义的平面法矢的方向始终保持不变。这种导动方式尤其适用于导动线是空间曲线的情形。素线和给定的平面法矢间的角度等于母线和给定平面法矢间的角度。

## (4) 导动线 & 边界线

截面线按以下规则沿一条导动线扫动生成曲面。第一,运动过程中截面线平面始终与导动线垂直;第二,运动过程中截面线平面与两边界线需要有两个交点;第三,对截面线进行放缩,将截面线横跨于两个交点上,截面线沿导动线如此运动时,就与两条边界线一起扫动生成曲面。

在导动过程中,截面线始终在垂直于导动线的平面内摆放,并求得截面线平面与边界线的两个交点。在两截面线之间进行混合变形,并对混合截面进行放缩变换,使截面线正好横跨在两个边界线的交点上。若对截面线进行放缩变换时仅变化截面线的长度,而保持截面线的高度不变,称为等高导动。若对截面线不仅变化截面线的长度,同时等比例地变化截面线的高度,称为变高导动。

素线在导动线法平面内,跨两条边界线。截面线可以有两条。

## (5) 双导动线

将一条或两条截面线沿着两条导动线匀速地扫动生成曲面。双导动线导动支持等高导动和变高导动。

变高导动和等高导动的区别。(变高导动保证曲率半径的一致性,等高导动不保证)

例如,截面线为弧的等高导动及变高导动。变高导动出来的参数线仍然为弧,而等高导动出来的不是。


## (6) 管道曲面

给定起始半径和终止半径的圆形截面,沿指定的中心线扫动生成管道曲面。其截面线为一整圆,截面线在导动过程中,其圆心总是位于导动线上,且圆所在平面总是与导动线垂直,圆形截面可以是两个,由起始半径和终止半径分别决定,生成变半径的管道曲面。

实际上管道曲面就是截面线为圆的固接导动面。

## 9. 平面(Plane)

功能:利用多种方式生成所需平面。

平面与基准面的比较:基准面是在绘制草图时的参考面,而平面则是一个实际存在的平面。点击图标“”,可激活平面功能。

生成方式:裁剪平面和工具平面。工具平面中有七种方式:XY 平面、YZ 平面、ZX 平面、三点平面、矢量平面、曲线平面和平行平面。

#### (1) 裁剪平面

由封闭轮廓进行裁剪形成的一个有边界的平面。

#### (2) 工具平面(做定长、宽的平面)

生成平行于 XY、YZ、ZX 的平面;三点平面;矢量平面;曲线平面(在给定制定的指定点上,生成一个指定长度和宽度的法平面或切平面。);平行平面。

### 2.1.5 曲面部分练习题

#### 1. 直纹面和扫描面造型练习

按下图 2-37 造型(只许用直纹面包括扫描面)。

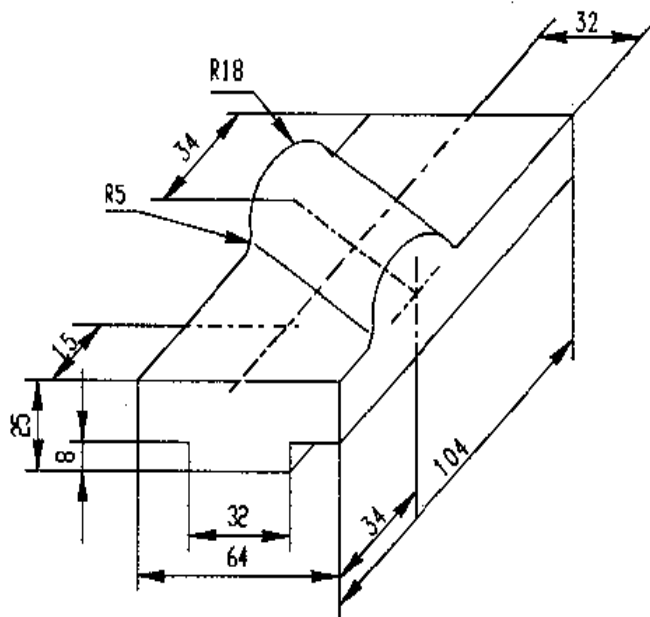


图 2-37

#### 2. 导动曲面造型练习

作如图 2-38 内的导动曲面:

样条型值点:

坐标
X, Y, Z
-70, 0, 20
-40, 0, 25
-20, 0, 30
30, 0, 15

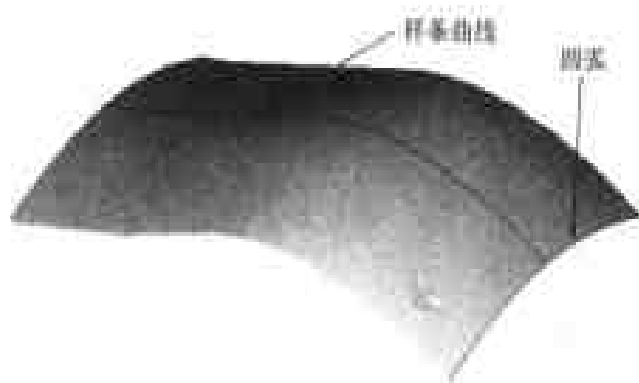



图 2-38

圆弧在平行于 YZ 平面内, 圆心: (30, 0, -95), 半径  $R=110$ , 要求圆弧沿样条平行导动。

### 2.1.6 曲面相关线

CAXA 提供了一些和曲面有关的相关线, 如: 曲面交线、曲面边界线、曲面参数线、曲面法线、曲面投影线、实体边界线等。操作中只要点击图标“”, 即激活相关线功能。

这些曲线在造型中都是很有用的。其中曲面交线、曲面边界线、曲面法线等概念都很容易理解, 生成的方法也很好掌握。这里只介绍一下曲面参数线。

在 CAXA 系统中, 所有的线在内部表示都是具有方向的, 即由起点到结束点决定的曲线方向。所有的曲面都是用四边网格表示的, 如图 2-39。即使三边面也是由四边的一边退化为很小的边(点)来表示的, 如图 2-39(c)。

所有的面都可以用 U、V 两个方向表示。即使最基本的曲面的一个子面片, 也是由一个四边界组成的形状, 根据右手定则可以确定哪条是 U 线、哪条是 V 线, 如图 2-40。CAXA 中曲面参数线功能就是求曲面的 U 向或 V 向的参数线。

CAXA 提供三种参数线法: 指定参数、过点、多条曲线。

- 指定参数: 按 U、V 方向的百分比取线。如 0.25 代表 U/V 的 25% 处的曲线, 如图 2-41;
- 过点: 求出过曲面上某已知点的 U/V 线;
- 多条曲线: 一次求出 U/V 向的多条等分线。

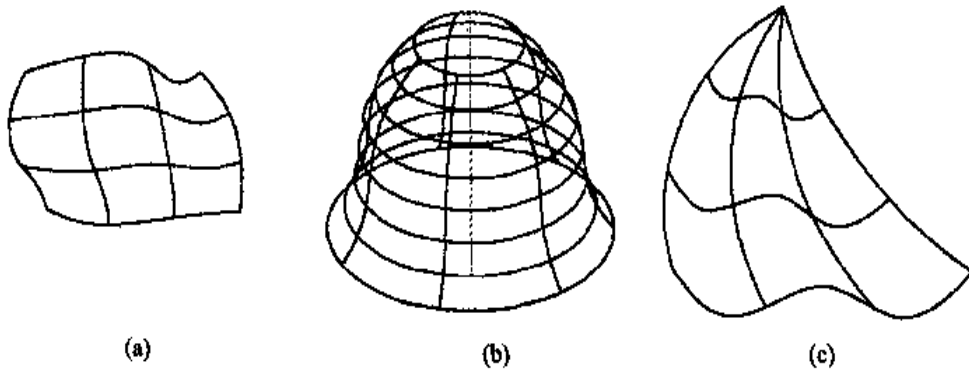


图 2-39

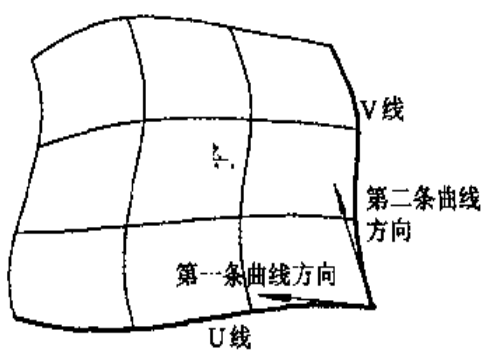


图 2-40

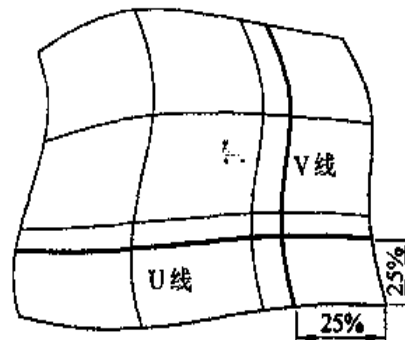


图 2-41

### 2.1.7 特殊的曲线-线面映射

#### 1. 功能

CAXA 的 CAD/CAM 技术在定制模块中提供一种特殊的曲线生成方式,暂时定名为“线面映射”。它的含义是将平面曲线贴到任意曲面上(注意,不是投影关系),生成一条新的空间曲线。

#### 2. 操作说明

在 XY 平面内绘制需要映射的二维曲线(允许同时绘制多条),如图 2-42 的二维曲线。

在空间中按需要做出一张曲面造型,如图 2-43。

选取线面映射图标,系统给出两个选项:定长度映射和变长度映射。定长度映射是按原曲线长度贴到曲面上,变长度映射是按一定比例缩放后贴到曲面上。如选择定长度映射,系统提示:拾取 XY 面内的映射曲线。用鼠标左键点取 XY 面内的曲线后按鼠标右键结束拾取(也可拾取

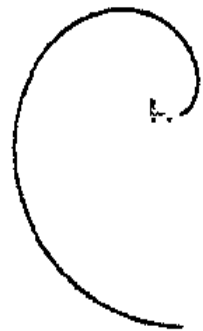


图 2-42

多条曲线)。系统提示:拾取曲面。用鼠标左键点取要映射的曲面。系统提示:拾取曲线上的参考点。用鼠标拾取曲线上的一个参考点(可以使用工具点,如端点)。系统提示:拾取曲面上一点,与曲线上点对应。用鼠标拾取曲面上一点。系统提示:输入影像方向夹角度数。如果不输入,按鼠标右键结束,系统会将曲线按 1:1 映射到曲面上。点的选取如图 2-44(a),显示结果如图 2-44(b)。

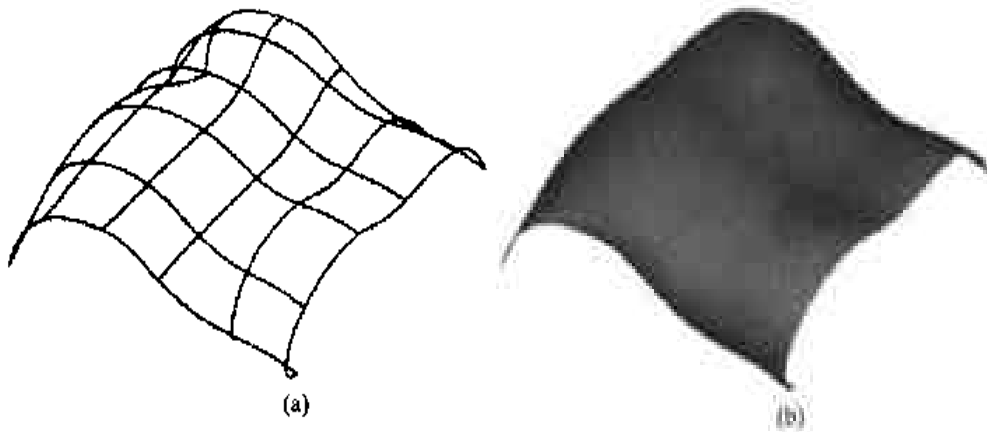


图 2-43

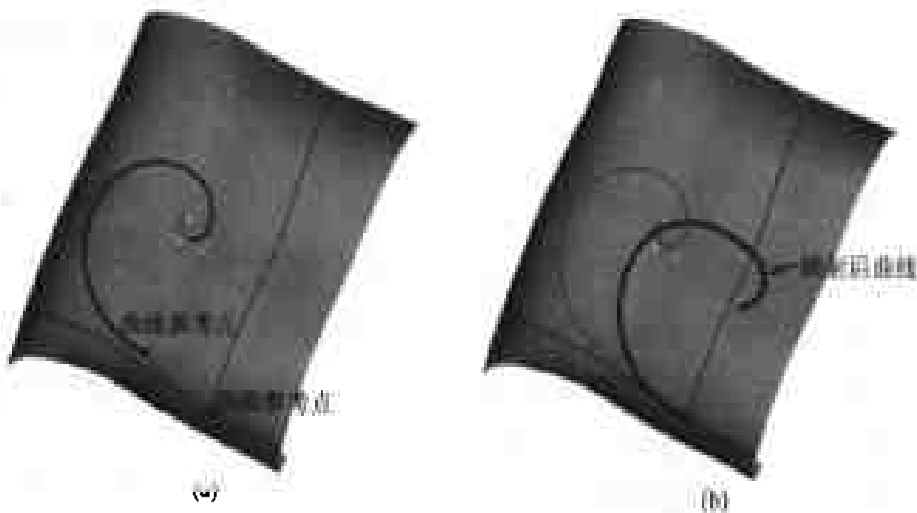


图 2-44

线面映射功能,主要是针对非投影方式的贴图需求而设的。它可以用于各类轧辊造型、地球仪表面纹理造型等需要将二维矢量展开图形贴到或还原到三维曲面上的情况。

### 2.1.8 基准面和草图

#### 1. 概念

首先 EB3D 和 CAXA 其它 CAD/CAM 软件一样提供一个原始坐标系,这个坐标系是不



可删除的。基于这个原始坐标系,EB3D 中提供了两种特殊的坐标系,一种是用于三维线架的坐标,其设置在顶部菜单“工具”中的“坐标系”内。该坐标是常规坐标系,是三维的。另一种是为建立实体草图用的坐标系。这种坐标系本质虽然是三维的,但是草图只能建立在它的 XY 面上。所以这种坐标系的建立,实际仅使用它的二维部分,即 XY 面。为区别前一种坐标系,将它命名为“基准面”。

草图是实体的基础图形,它是二维封闭图形。可以这样来看:实体是通过这种二维封闭图形的“运动”生成的三维空间物体。

草图用的基准面,使用“特征”菜单中的“基准面”创建功能来建立。EB3D 提供了三个基于原始坐标的基础基准面,在左侧特征栏内有:平面 XY、平面 YZ、平面 XZ。这三个基准面和系统的原始坐标是重合的。使用时,可用鼠标左键直接点击,选择三个平面中的任意一个。

## 2. 草图的特性

草图建立在基准面的 XY 面上,是二维图形,轮廓封闭且无任何重线。

## 3. 草图绘制实例

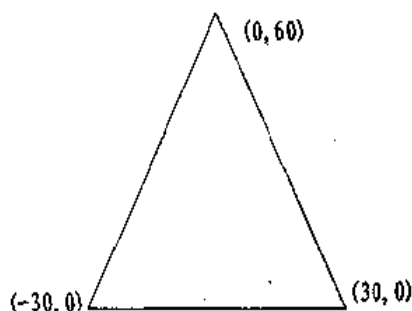





图 2-45

在原始基准面 YZ 上绘制一个草图,如图 2-45 所示。

- 步骤 1: 进入 EB3D。
- 步骤 2: 按功能键 F8, 切换显示视角到轴侧显示。
- 步骤 3: 用鼠标左键点击左侧特征栏内的“平面 YZ”, 激活基准平面 YZ。系统用红色矩形框显示该平面被激活。

- 步骤 4: 按功能键 F2, 或使用光标点击屏幕右侧的“草图”图标, 进入草图。
- 步骤 5: 按功能键 F5, 将视角切换到草图平面(草图在 XY 面)。
- 步骤 6: 寻找屏幕右侧“曲线生成”图标组中“直线”绘制图标, 移动光标到该图标上。点击鼠标左键, 系统在左侧特征栏内弹出直线的菜单, 绘制直线。


系统左下角提示输入直线的“第一点”。键盘输入直线第一点坐标值“30,0”(注:当数字“30”输入时,系统在屏幕中央会弹出数字输入框)。输入后回车。再继续输入第二点坐标“-30,0”后回车,再输入第三点坐标“0,60”后回车,在输入结束点坐标“30,0”再回车。将得到三角形图案。

- 步骤 7: 按功能键 F2, 或使用光标点击屏幕右侧的“草图”图标, 退出草图。
- 步骤 8: 按功能键 F8, 将视角切换到轴侧观察。

至此一个在 YZ 面内的草图绘制完成。

#### 4. 草图和空间线架的对比及转换

草图用于实体造型,线架用于曲面或纯线架造型。草图必须是二维的,线架可以是二维亦可以是三维的。

转换:空间线架和实体边界都可以向草图投影。功能为“曲线投影”,其默认图标是在右侧“曲线工具栏”内的“”。

#### 5. 注意事项

- 建立基面时,所需要捕捉的点(如三点建立基面),必须是直线、圆弧的端点,或实体的角点;

- 草图绘制过程中,不要忘记草图的进入和退出操作;

- 草图必须避免重线和不封闭现象。

#### 6. 基面、草图绘制练习

用三点建立一空间基面,并在该基面内绘制一个矩形草图。


三点:(80,80,0)、(120,150,60)、(90,120,40);

矩形:100×65。


### 2.1.9 草图的标注(参数化)和驱动

草图是可以标注和参数化的,参数化后草图可以驱动。

#### 1. 草图尺寸标注

草图进行尺寸标注后,系统自动进行参数化处理。标注功能其默认图标是在右侧“曲线工具栏”内的“”。

#### 2. 草图参数驱动

尺寸驱动功能,其默认图标是在右侧“曲线工具栏”内的“”。草图驱动要求所标注的尺寸不能是过约束的。系统允许欠约束,但是欠约束太多时某些图形会产生驱动不到位现象。因此标注尺寸数量最好选取适当。

### 2.1.10 特征

#### 1. 特征造型

特征造型就是运用各种特征功能组合实现产品造型。其基本操作有两种:加料和减料。

特征造型的功能可分为基本特征造型和特征编辑造型。基本特征造型可实现拉伸、旋转、放样、导动、曲面加厚的增料和减料。特征编辑造型可实现过渡、倒角、筋板、拔模、抽壳、阵列(线性阵列、环形阵列)、曲面裁剪。

##### (1) 拉伸造型

注意:拔模角度如果不合理将无法成功拉伸。拉伸到曲面时,曲面必须在拉伸投影方向上

覆盖草图,即曲面应当比草图包络面大。

### (2) 旋转加/减料

旋转轴线,目前必须是已知直线,且不能是草图边界线、实体棱边。如果想用草图边界或实体棱边做旋转轴,必须将该棱边用曲线菜单中的直线功能再生成出来。另外,轴线不能和草图相交,如图 2-46。

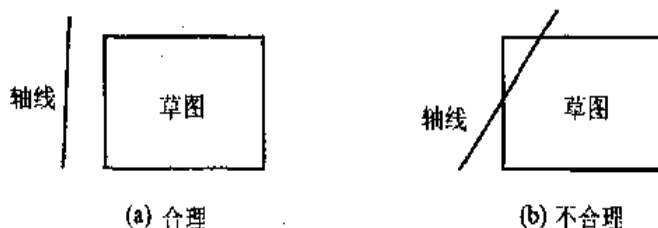


图 2-46

### (3) 放样加/减料

每个草图的段数应当相等,且最好均匀。草图如果是样条曲线,其型值点数最好一致,尤其是草图个数超过三个时。

### (4) 导动加/减料

对导动线的方向要特别注意。导动线绘制方向即导动方向。

### (5) 曲面加厚加/减料

曲面的曲率变化如果太大,加厚的厚度应当小。最好厚度小于最小曲率半径。

### (6) 过渡

多棱边过渡时,过渡棱边的拾取顺序决定了过渡角汇集角的形状。

### (7) 倒角

两平面的棱边才可以倒角。

### (8) 筋板

筋板是唯一可以开放的草图。

### (9) 拔模

注意:拔模角不要超过合理值。

### (10) 抽壳

注意:厚度要合理。

### (11) 阵列

特征上有特征,阵列底层特征时要引起注意。

### (12) 曲面裁剪

曲面必须贯穿整个体,如图 2-47。

## 2. 曲面和特征的结合

- 特征拉伸到曲面(加料/减料):

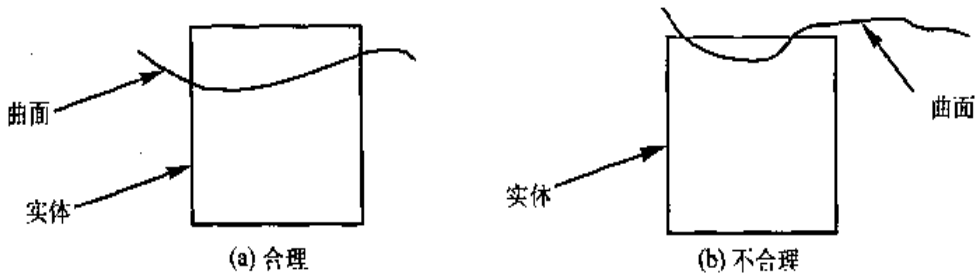


图 2-47

- 曲面裁剪体;
- 曲面加厚生成体。

3. 特征的参数化修改

两种修改途径:草图的修改、特征的修改。

2.1.11 文件

1. 文件的存储

存储支持文件格式的类型参见表 2-1。

表 2-1 文件存储支持的文件格式

文件扩展名类型	文件说明	读入	输出
EPB 文件	EB3D 默认的自身文件	✓	✓
X_T 和 X_B 格式文件	与其它支持 Parasolid 软件的实体交换文件 如:UG,Solidworks,SolidEdge 等	✓	✓
DXF 文件	AutoCAD(不支持实体)	✓	✓
IGES 文件	所有大中型软件的线架、曲面交换	✓	✓
WRL 文件	虚拟现实文件数据(Internet)		✓
EXB 文件	电子图板	✓	
CSN 文件	DOS 版制造工程师	✓	
DAT 文件	点、直线、样条曲线、曲面文本接口,如用于三坐标测量仪	✓	

2. 并入文件

- 可以实现实体的交并差功能;
- 可以用作凸型翻凹型;将凸型零件另存为 X\_T 文件,然后打开凹型毛坯文件,并入凸型 X\_T 文件,使用当前实体减并入体方式完成。

3. 打印

可将屏幕显示打印,属于位图打印。

注意:第一版的打印预览,根据计算机显示卡不同,有可能出现黑屏。但是不影响实际打印。

### 2.1.12 系统设置

包括菜单设置、工具条设置、快捷键设置(要注意自定义的快捷键不要和 Windows 系统的快捷键冲突)、系统参数设置。

### 2.1.13 三维实体图形投影到电子图板

- 视图输出设置
- 电子图板在 EB3D 下启动
- 电子图板下接收视图

### 2.1.14 电子图板图形调用到三维实体草图

- 电子图板输出草图
- CAXA 制造工程师或 CAXA 三维电子图板读入草图(注意:需要进入草图状态才可以读取)

## 2.2 造型实例

### 2.2.1 基础体几何造型

#### 1. 目的(草图、拉伸加料/减料、基面定义)


掌握 EB3D 的基本造型过程。包括以下内容:建立草图、拉伸加料、三点基面建立、过渡、拉伸减料等基本操作。

#### 2. 题目

作如图 2-48 的基础体几何造型。

#### 3. 操作步骤

- 步骤 1:进入 EB3D。
- 步骤 2:选择草图绘制平面。  
在屏幕左侧特征栏内选择“平面 XY”项。
- 步骤 3:进入草图绘制状态。

点击屏幕右侧图标菜单中绘制草图图标“”,或按 F2 键。

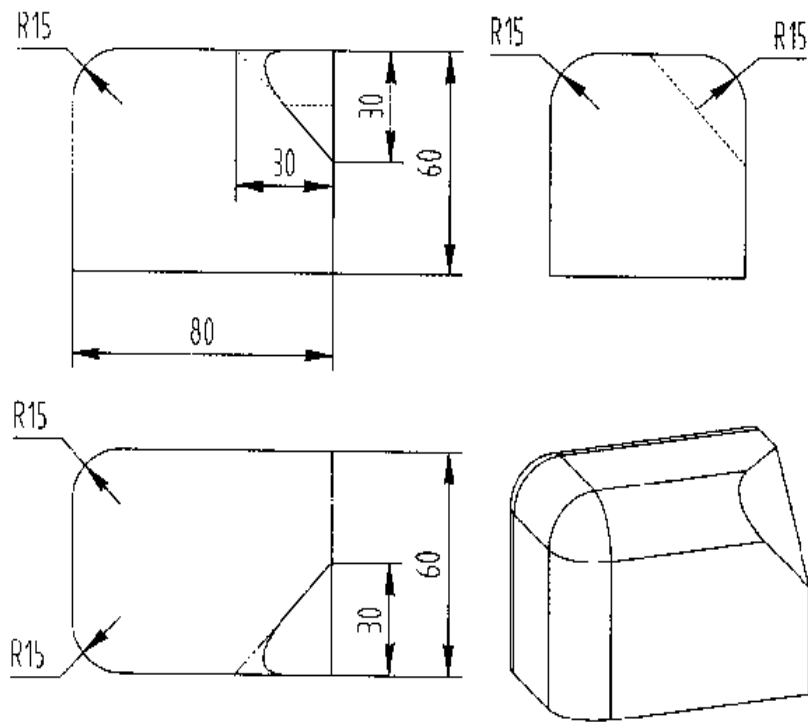


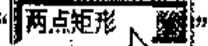


图 2-48

使该图标显示下凹“”系统即进入草图绘制状态。

- 步骤 4: 进入矩形绘制状态。

点击屏幕右侧曲线生成图标组中矩形绘制图标“”，使该图标显示下凹。系统左侧特征栏内将弹出选项菜单“”。

- 步骤 5: 改变矩形绘制方式。

用鼠标左键点击选项菜单, 选择展开选项菜单中矩形绘制方式为“中心\_长\_宽”方式。

- 步骤 6: 输入矩形的长宽值(80×60)。

用鼠标左键点击矩形选项一次, 该选项将变为如图 2-49 所显示的对话框, 并在屏幕左下角提示“输入矩形中心”。用鼠标左键点击矩形长度输入框, 使该框变蓝。此时用键盘输入数字“80”, 然后按鼠标右键结束。再用同样方法, 用鼠标左键点击矩形宽度输入框, 输入宽度值“60”然后按鼠标右键结束。

- 步骤 7: 确定矩形的中心位置。



移动鼠标, 此时可见 80×60 的矩形在屏幕上拖动。将光标移动到屏幕中心区 XY 坐标原点处, 将会看到该原点变亮, 且光标由原来的“”




图 2-49

变为“”。此时按鼠标左键确定,80×60 的矩形将被绘制在原点。再按鼠标右键退出矩形绘制。

该步骤也可以直接用键盘输入中心坐标。移动光标在绘图区任意位置,直接按回车键,系统在屏幕中心弹出数字输入框,键入“0,0”即可,或不按回车键,直接用数字键输入“0”,系统也将弹出数字输入框,且其中已经有刚才输入的“0”,只要再输入“,0”即可。

● 步骤 8:退出草图绘制状态。

选择屏幕右侧图标菜单中的绘制草图“”,用鼠标左键点击该图标,使该图标由下凹状态恢复为凸状态,即已经退出草图。此时已绘制的图形如图 2-50。同时,系统在屏幕左侧特征栏内“零件 0”下产生“草图 0”。

● 步骤 9:改变观察角度

按键盘上方功能键 F8,显示将切换至轴侧状态,如图 2-51。

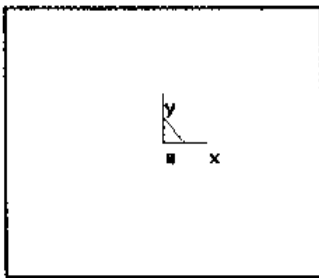


图 2-50

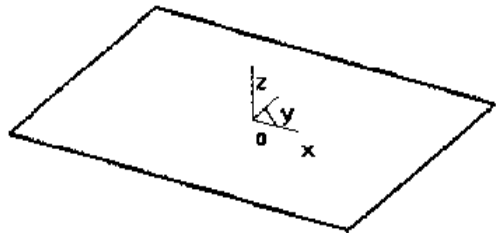



图 2-51

● 步骤 10:选择拉伸加料。

选择屏幕左侧特征图标菜单栏中的拉伸增料项“”,用鼠标左键点取该项。系统弹出拉伸加料对话框,如图 2-52。

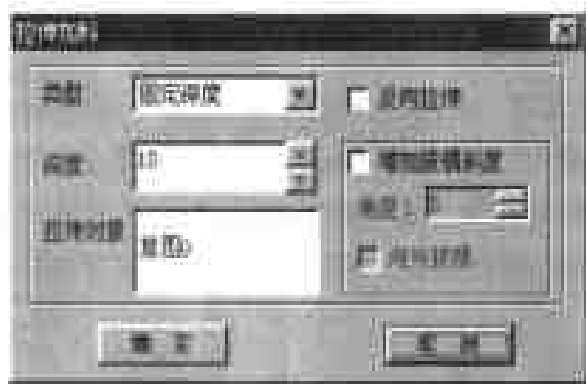


图 2-52

用鼠标左键点击对话框中“深度”选项框,深度值修改为“60”。

注意:草图绘制完整(形成了完整的封闭环,且无任何重线),可以省略步骤 8。即不退出

草图而直接选取拉伸选项。如果不退出草图,直接选“拉伸加料”(或其他需要草图的基本特征操作),系统将自动退出草图,并且将刚退出的草图作为正要操作的特征用草图。

如果不退出草图,且没有直接选基本特征操作,而是进行了其它操作,如“查询”操作等,当再选基本特征操作(如“拉伸加料”)时,该基本特征操作不能自动选定草图。如图 2-53 中“拉伸加料”对话框内“拉伸对象”项内显示“草图未准备好”。此时需要选择草图。可以先用鼠标左键点击对话框中“草图未准备好”这几个字,使其变蓝,然后再用鼠标左键点击屏幕左侧特征栏内所需要的草图标号(如这里需要的“草图 0”),即可。

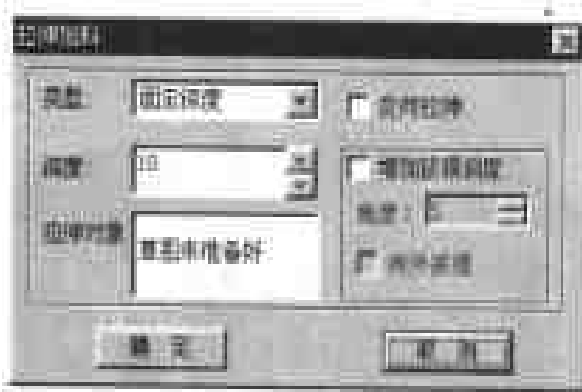


图 2-53

- 步骤 11:完成拉伸增料操作。

用鼠标左键点击拉伸增料对话框下的选项按钮“确定”。系统将在屏幕上显示拉伸出的实体,如图 2-54。

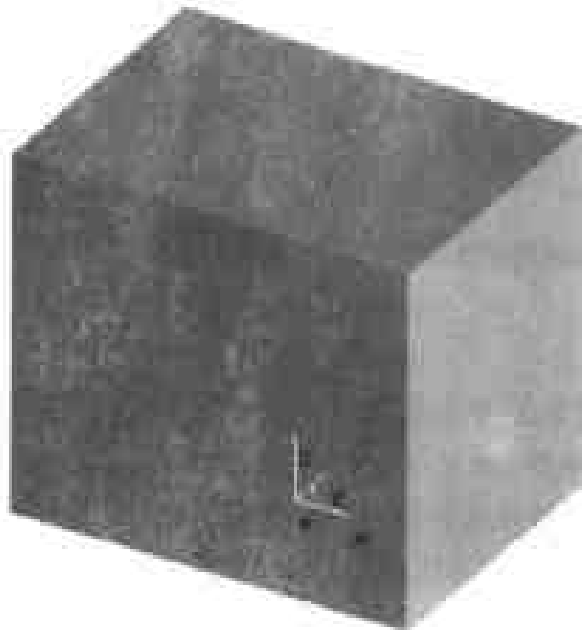




图 2-54



- 步骤 12:显示全部。

按键盘上方功能键 F3,系统可将当前拉伸得到的图形做最大显示。



● 步骤 13: 做辅助线(求实体上的三条棱边)。

寻找屏幕右侧图标菜单组中曲线生成下相关线图标“”，系统在左侧特征栏内弹出相应菜单。用鼠标左键点击，系统展开“相关线”选项，用鼠标左键点击该选项中“实体边界”项。该菜单变为“”，且系统在屏幕底部显示提示“拾取边界”。

移动鼠标，让光标移动到一棱边附近。当光标移到该位置时，该棱边将被显示，且光标形状由原来的“”变为“”。此时用鼠标左键点击该棱边，该棱边曲线(直线)将被求出。依次求出另两个棱边，这里求出的棱边显示为红色，如图 2-55。

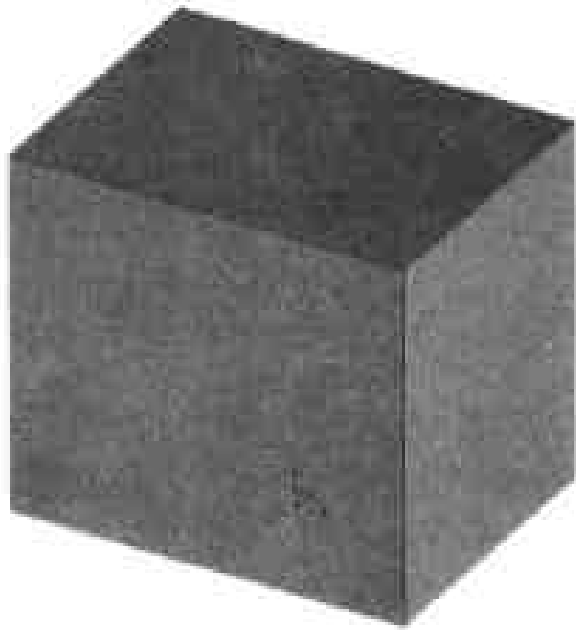

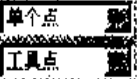


图 2-55

● 步骤 14: 作辅助点。

选择屏幕右侧图标菜单组中曲线生成下点图标“”，系统在左侧特征栏内弹出相应菜单“”。

用鼠标左键点击该菜单上“单个点”，该菜单将变为如图 2-56(a)。用鼠标左键点击该菜单上“等分点”项，该菜单将弹出批量点的选项，如图 2-56(b)，选取“等距点”。用鼠标左键点击“等距点”选项，用鼠标左键点取要修改的项，修改“点数”项为“1”，再修改“弧长”为“30”，修改后，该菜单如图 2-56(c)，同时系统在左下角提示“拾取曲线”。

用鼠标左键点击屏幕上不操作做出的第一条直线，系统左下角提示“拾取曲线上一点作为起点”。用鼠标左键点击三线汇集端点，如图 2-57 所示。点击后，系统左下角提示“选择等距方向”，屏幕上并有选择箭头显示供选择，如图 2-58 所示。用鼠标左键选取点击背离汇聚端

点的箭头,系统将做出如图 2-59 点。依次做出另两条棱边上的点。结果如图 2-60。

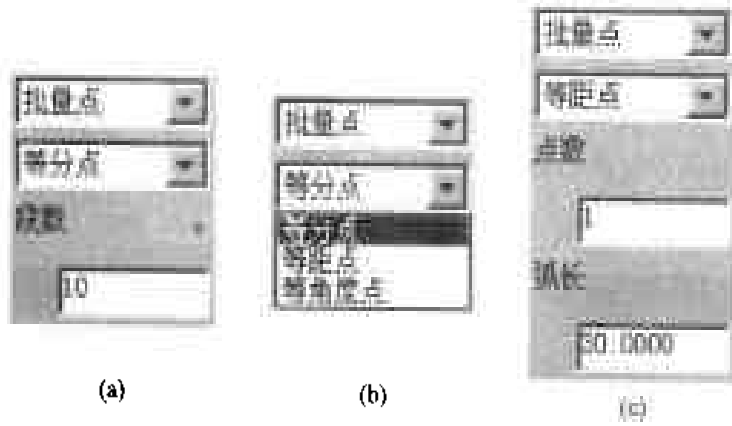


图 2-56

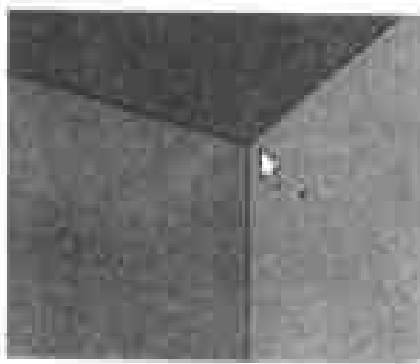


图 2-57

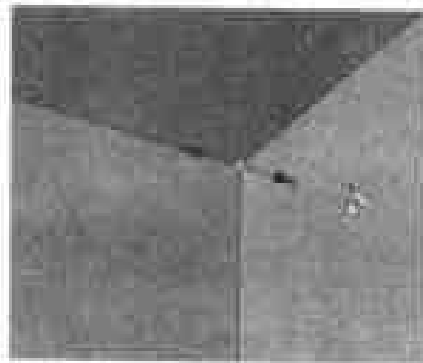


图 2-58

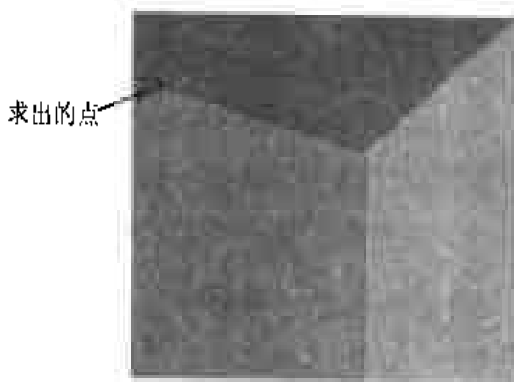


图 2-59

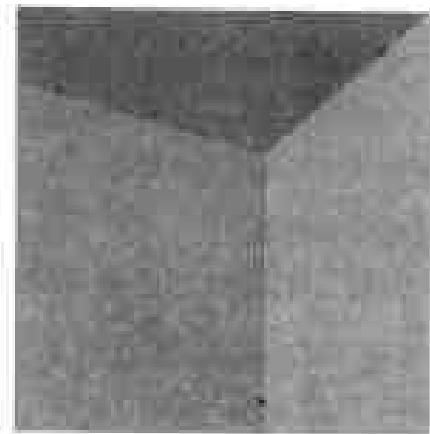



图 2-60

● 步骤 15: 作基准面。

选择屏幕左侧特征生成图标组中的基准面图标“”。用鼠标左键点击该图标,系统弹出构造基准面对话框如图 2-61。用鼠标左键点取对话框中最后一种构造方法“三点确定基准

面”，对话框如图 2-62 所示。选中后，在“构造条件”选项内用鼠标左键点击对话框内“拾取点 1”，然后移动鼠标到屏幕中上一步操作求出的其中一点上，按鼠标左键确认（注意：必须当光标显示捕捉到已知点时再按鼠标左键）。此时看到“构造基准面”对话框“构造条件”中原“拾取点 1”变为“点 1 准备好”。再移动鼠标，并用鼠标左键依次点击其他两个已知点。

当构造条件中三个点都准备好后，用鼠标左键点击该对话框“确认”按钮，基准面被建立。在屏幕左侧特征栏内可以见到被建立的新平面“平面 3”。

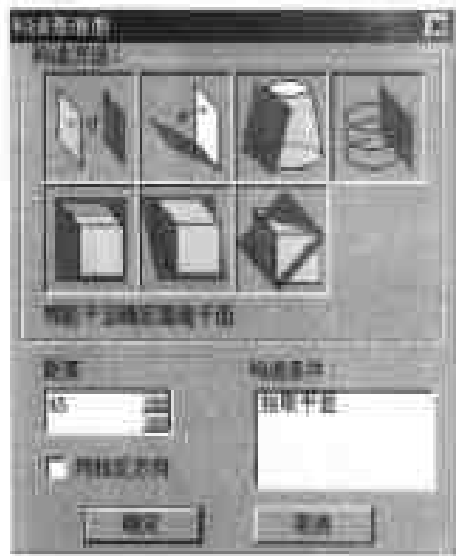




图 2-61






图 2-62

#### ● 步骤 16: 建立新草图。

上步操作后，选择屏幕右侧图标菜单中绘制草图图标“”，使该图标显示下凹，系统即进入草图绘制状态。也可以按功能键 F2。

#### ● 步骤 17: 在草图中绘制一个三角形。

选择屏幕左侧曲线生成图标组中直线图标“”，用鼠标左键点击该图标，系统在特征栏内弹出直线菜单。用鼠标左键点击选取屏幕上前面求出的三个点之一（注意：当光标移动到该点时，光标导航显示将由“”变化变化为“”，表明捕捉到该点，按鼠标左键即可）。然后移动鼠标，可以见到有推动的直线。移动鼠标到第二个已知点上，按鼠标左键再确定，系统将绘制出第一条直线。依次点击第三个已知点，系统绘制出第二条直线。再用鼠标左键点击第一个点，三角形将绘制完成，如图 2-63。绘制完三角形图形后，可以按鼠标右键结束直线绘制功能。

注意：该直线绘制功能具有连续绘制能力，当第一条直线绘制完成后，系统自动将第一条直线的结束点作为下一条直线的起点，当鼠标点击第三点时，系统将被选择的点作为第二条直线的结束点，依此类推。

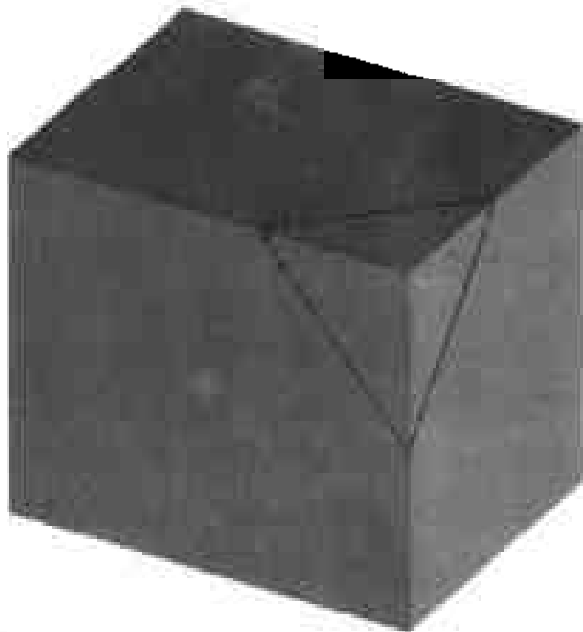



图 2-63


- 步骤 18: 检查草图环是否封闭。

选择屏幕左侧曲线生成图标组中检查环是否封闭的图标“”，用鼠标左键点取该图标。系统将进行封闭环检查，如果绘制的草图封闭（线段首尾相连），系统弹出如图 2-64 的提示框。


表示该草图正确，可以作为特征用草图。

注意：该项检查非常重要，很多特征无法生成的现象均为草图封闭引起。

- 步骤 19: 退出草图绘制状态。

选择屏幕右侧图标菜单绘制草图图标“”，用鼠标左键点击该图标，使该图标由下凹状态回复为凸状态，即已经退出草图。

- 步骤 20: 拉伸减料。

选择屏幕左侧特征菜单组中拉伸减料图标“”，用鼠标左键点取该图标，系统弹出“拉伸减料”对话框，如图 2-65。

此时观察屏幕图形，可见到图形上有预拉伸显示线框。用鼠标左键点击“拉伸减料”对话框中“深度”右侧的上下箭头，可以调整拉伸深度，该深度变化以 10 为增量变化。调整时可以在屏幕上看到动态的深度变化线框。将深度调整到“50”。如果发现该线框变化在当前平面后，如图 2-66，用鼠标左键点击“拉伸减料”对话框中的“反向拉伸”选项，将其选中。图形中动态拉伸减料方向将发生变化，如图 2-67。



图 2-64

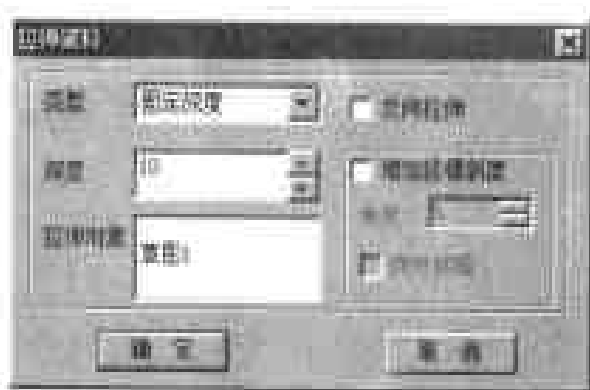


图 2-65

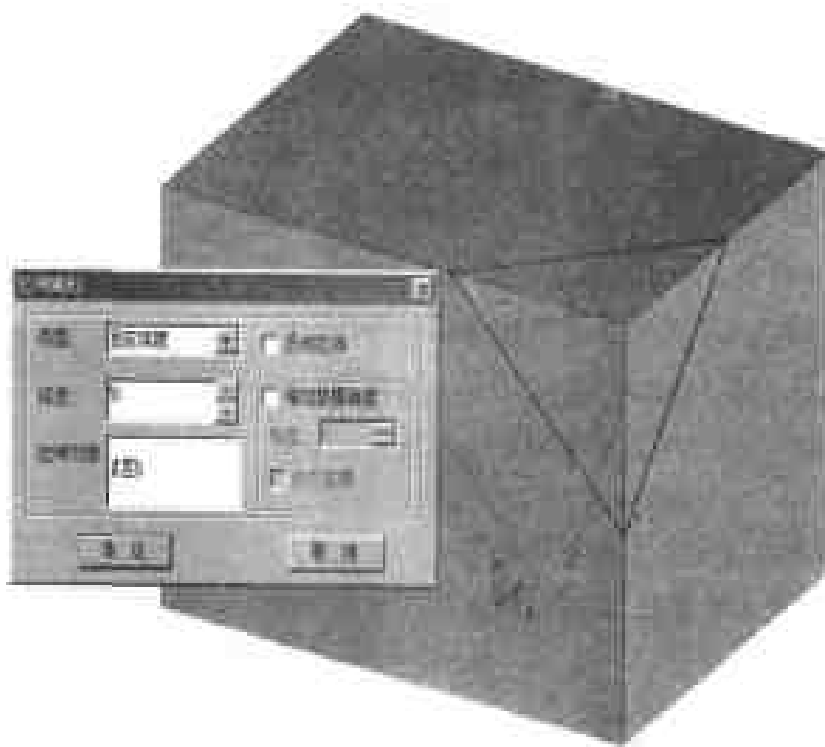



图 2-66

用鼠标左键点击“拉伸除料”对话框中“确定”按钮。系统将图形中矩形体切除一个角，如图2-68。

● 步骤 21: 旋转视角。

旋转视角的方法有两种。

第一种: 按住键盘 Shift 键不放, 再按住鼠标左键不放, 屏幕上光标显示变化为“”。此时移动鼠标, 将可以看到屏幕上的实体随鼠标移动而动态旋转。(注意: 移动鼠标时“Shift”和鼠标左键都不要放手。)

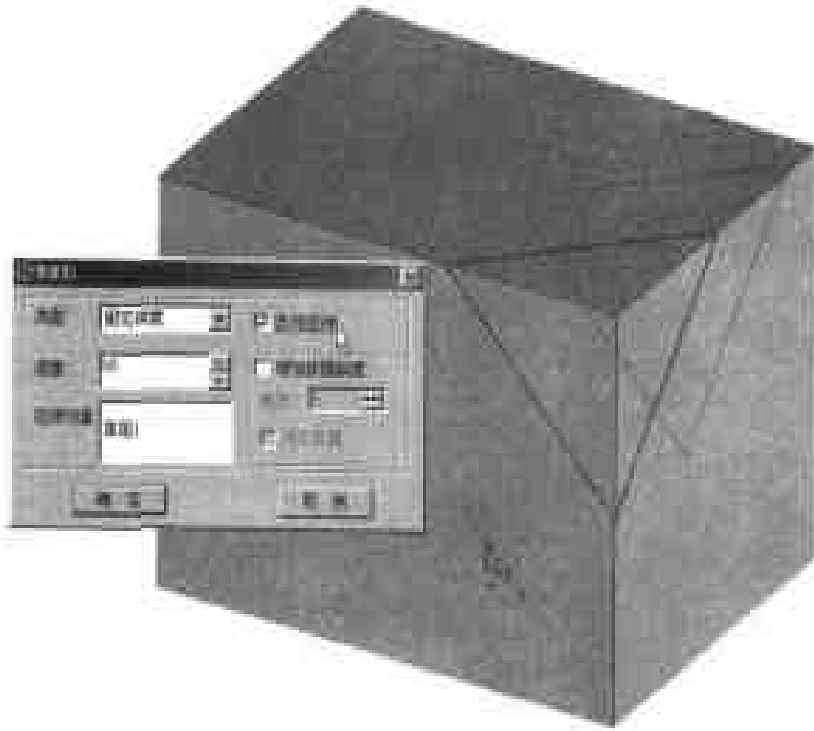


图 2-67

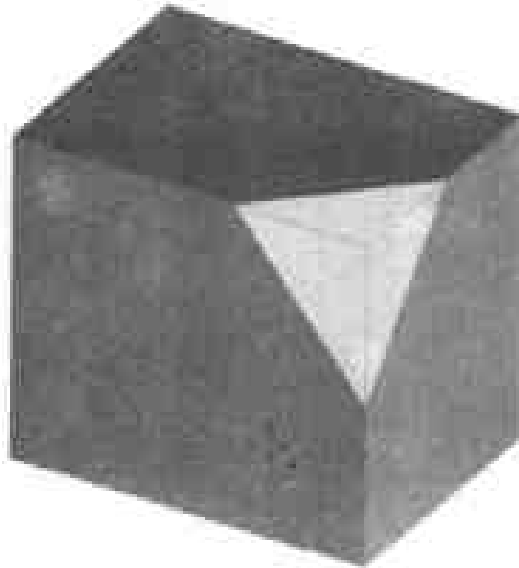


图 2-68

当调整视角到所需的位置时, 放开 Shift 键和鼠标左键, 当前视角即确定。如图 2-69。




第二种: 选择屏幕顶部显示栏图标组中“显示旋转”图标。用鼠标左键点击该图标, 再将光标移动到屏幕图形区内, 屏幕当前光标将变化为。此时按住鼠标左键, 在屏幕拖拉当前光标, 可以看到和第一种方法同样的动态旋转效果。当旋转到上图示位置时, 放开鼠标左键, 即确定视角。



图 2-69

注意:使用第二种方法旋转后,必须再用鼠标左键点击一次顶部图标“”才可以退出该旋转功能。

● 步骤 22:圆角过渡。




选择屏幕左侧特征生成图标组内的过渡图标“”,用鼠标左键点击。系统弹出实体“过渡”对话框,如图 2-70。



图 2-70

修改该对话框中“半径”值,将“过渡”对话框中的半径值改为“15”。

注意:此时为更清晰看到要进行圆角过渡的棱边,可以将“过渡”对话框移动到屏幕上不碍事的位置。方法是,移动光标到该对话框顶部蓝色区域条,按住鼠标左键不放,再移动鼠标,此时可以看到该对话框随鼠标的移动而移动。将该对话框移动到合适位置时,放开鼠标左键即可,如图 2-71。

再移动光标到绘图区,用鼠标左键点取图示实体棱边。注意当光标移动到棱边位置时光标形状由原来的“”变为“”,表示捕捉到实体棱边。此时按鼠标左键点击,使该棱边颜色

变红(表明该棱边已经拾取到)。如图 2-72,捕捉 5 条棱边。

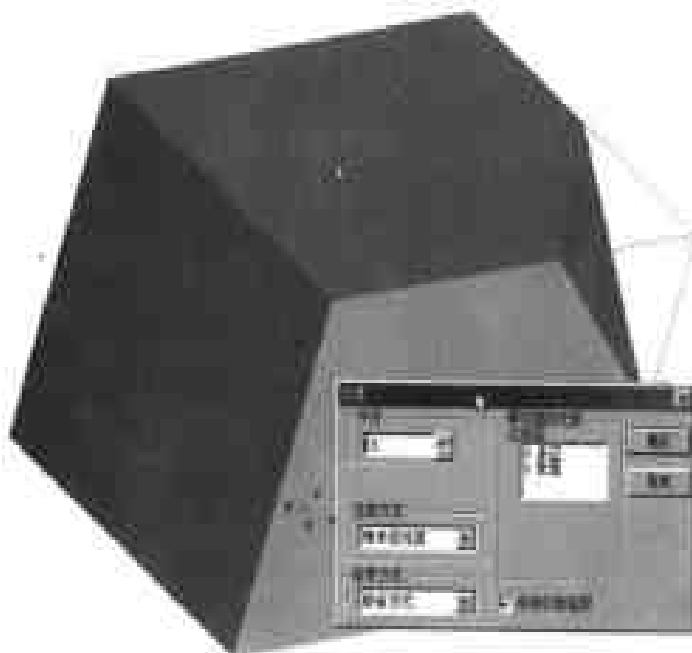


图 2-71

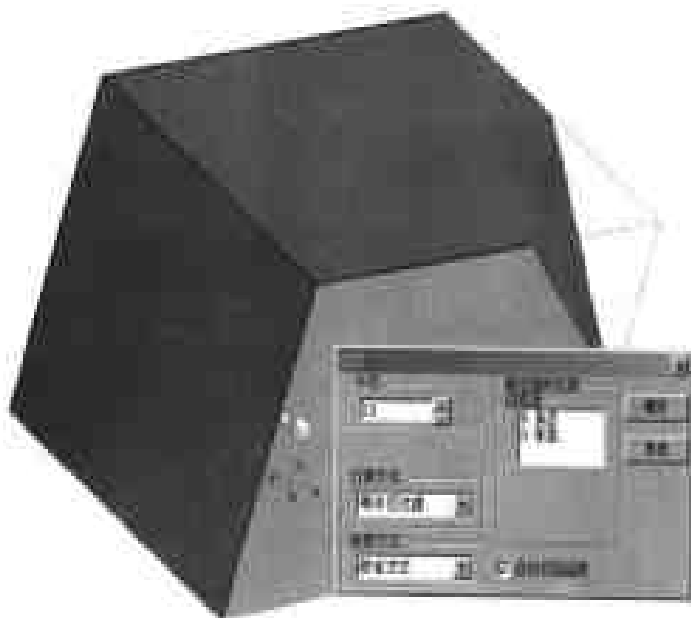


图 2-72

拾取完后,可以看到“过渡”对话框内“需过渡的元素边和面”下显示有“5 条边”。此时用鼠标左键点击该对话框的“确定”按钮。系统将过渡完成。按键盘功能键 F8 再按 F3 显示图形如图 2-73 所示。



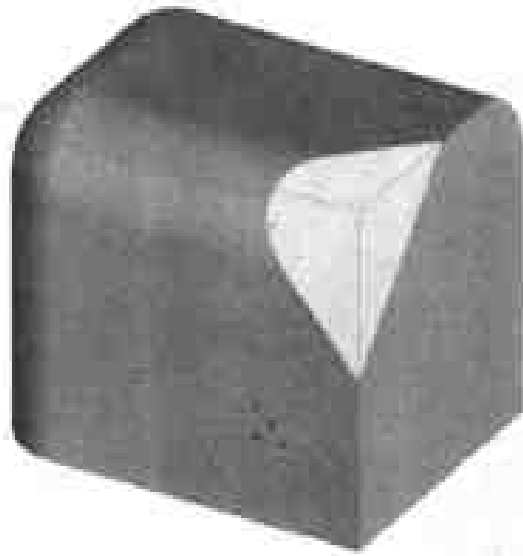


图 2-73

### 2.2.2 轴承支架造型

#### 1. 目的

说明 EB3D 实体造型的特点。可以同时拉伸多个封闭曲线,基实体的要求和非基实体的要求不同。做筋板的要求,边界线可以是单条线,也可以同多条线组成。要避免出现两个实体之间的临界状态。

#### 2. 题目

已知三视图如图 2-74,做轴承支架造型。

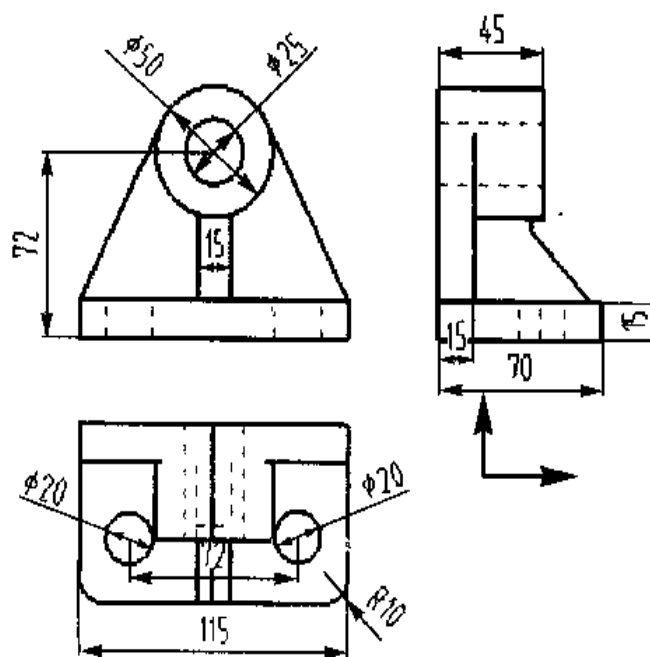


图 2-74

3. 操作步骤

● 步骤 1: 选 XY 平面进入草图模式。按上面的俯视图做草图, 连同两孔一同做出。点取拉伸自动退出草图, 拉伸深度选“15”, 按确定如图 2-75。

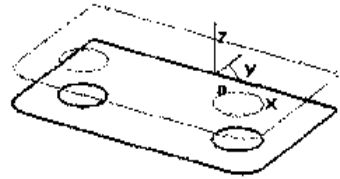
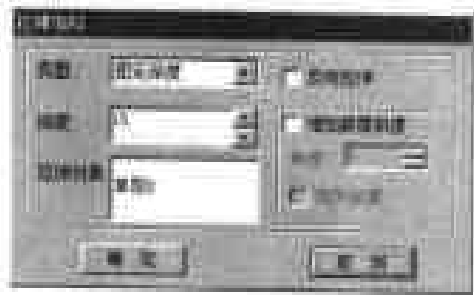


图 2-75

● 步骤 2: 选 XZ 平面。进入草图, 按主视图做出草图。选拉伸, 深度“15”, 按确定, 如图 2-76。

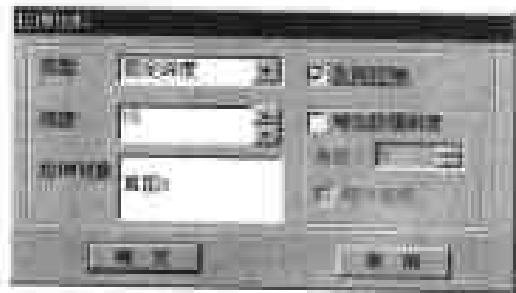


图 2-76

● 步骤 3: 点取前面做为基准面, 进入草图, 做出直径 50 和 25 的两个圆, 选拉伸, 深度“30”, 按确定, 如图 2-77。

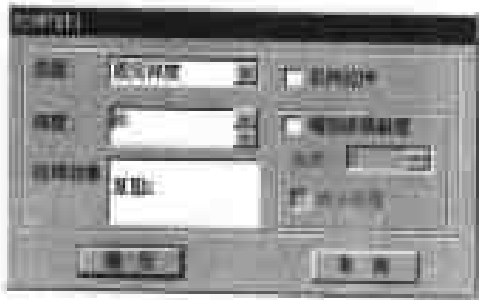


图 2-77

● 步骤 4: 选 YZ 做为基准面, 如图 2-78 右图做加强筋上的一条线。选筋板按钮, “双向

加厚”，厚度“15”，按确定。

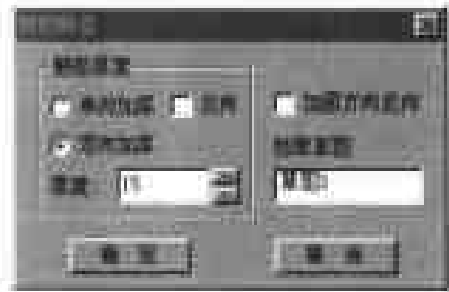


图 2-78

- 步骤 5: 在根部和棱边处倒圆, 大小自定, 结果如图 2-79 所示。
- 步骤 6: 投影到二维电子图板。选文件/输出视图, 弹出二维视图输出窗口, 选择需要的视图, 确定后按输出按钮, 如图 2-80。启动二维电子图板, 选文件/数据接口/接收视图, 如图 2-81。这时视图动态地出现屏幕上。选取适当的位置放置各个视图, 然后可以标注需要的尺寸。投影的结果如图 2-82。



图 2-79



图 2-80

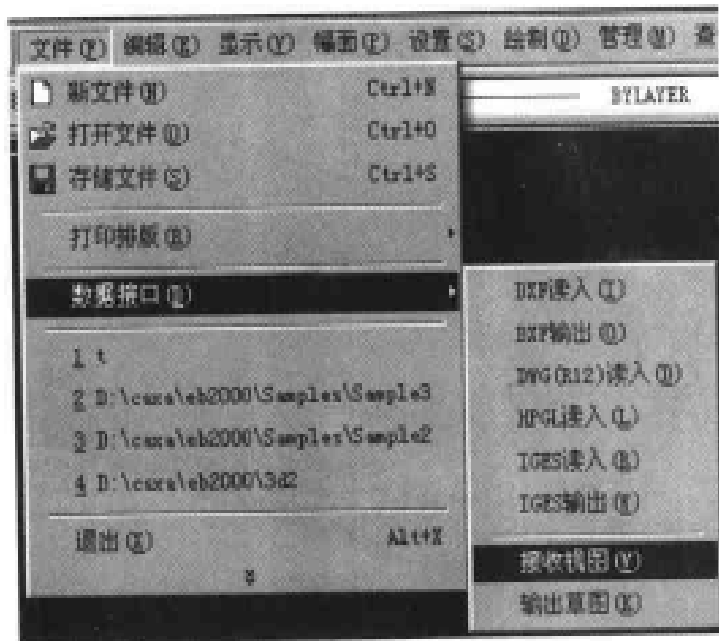


图 2-81

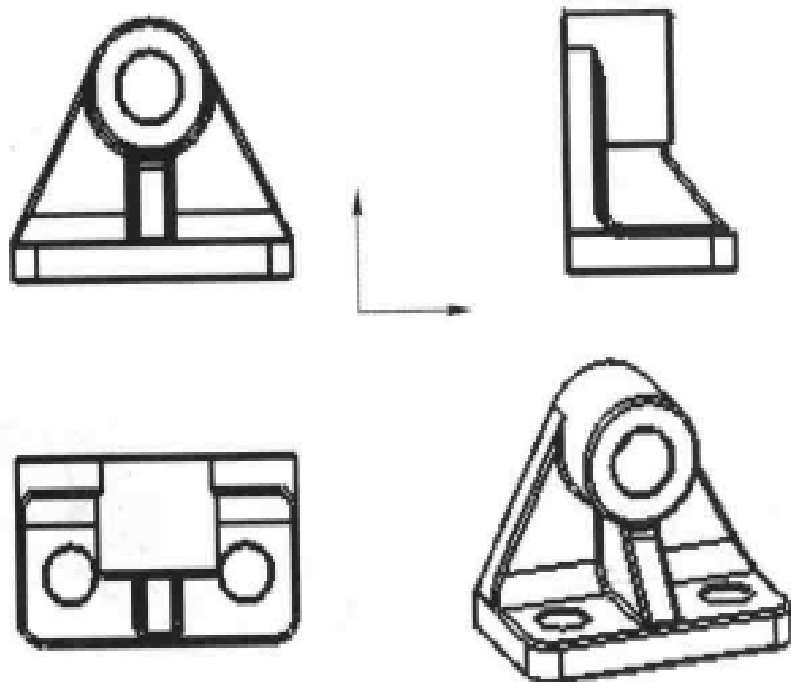


图 2-82

### 2.2.3 连杆锻模造型

#### 1. 目的

说明 EB3D 交并差运算的用法。

## 2. 题目

作尺寸如图 2-83 连杆锻模造型,其中连杆尺寸如图 2-84。



图 2-83

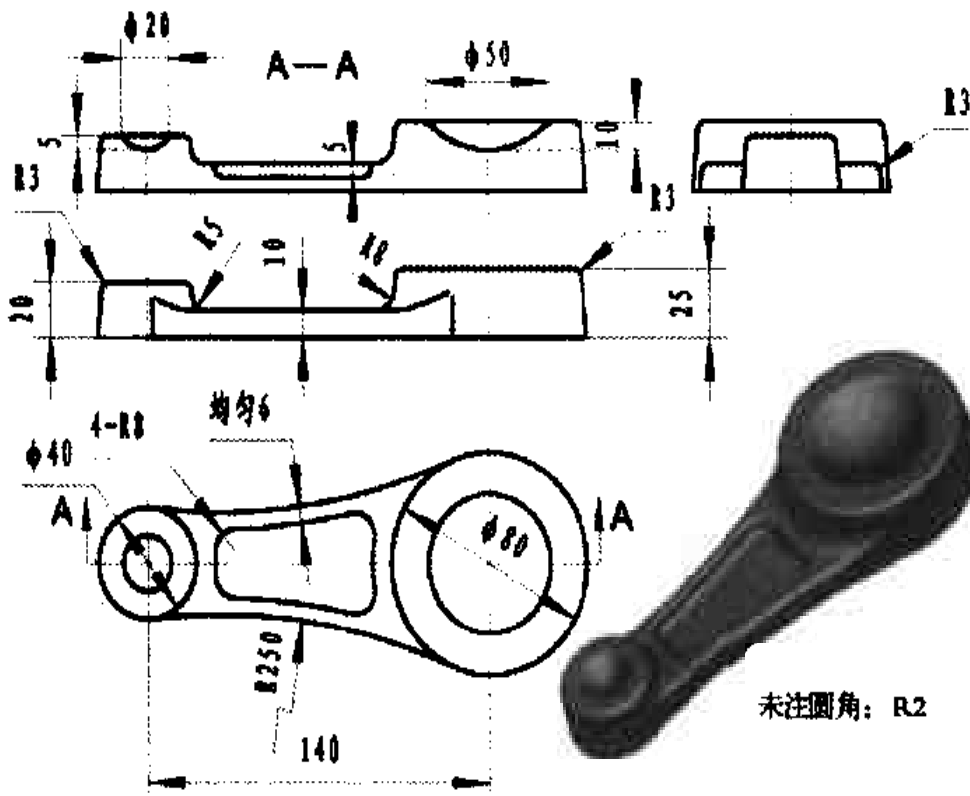


图 2-84

## 3. 操作步骤

- 步骤 1: 做连杆造型,造型结果如图 2-85。



图 2-85

- 步骤 2: 将连杆造型存储为“X\_T”格式。
- 步骤 3: 做锻模矩形毛坯造型。矩形毛坯  $250 \times 140 \times 40$ 。造型结果如图 2-86 所示。

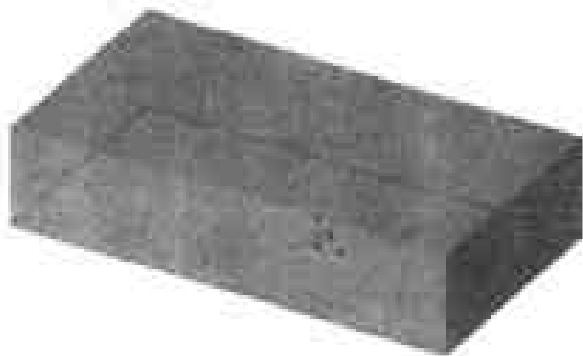


图 2-86

● 步骤 4: 用并入文件进行差运算。选择菜单中“文件”中“并入文件”选项, 输入刚才存储的“X\_T”文件名。这时出现对话框如图 2-87 所示。

选第三项, 进行实体的差运算, 再选择并入基点(用鼠标选择坐标原点)。对话框显示如图 2-88。

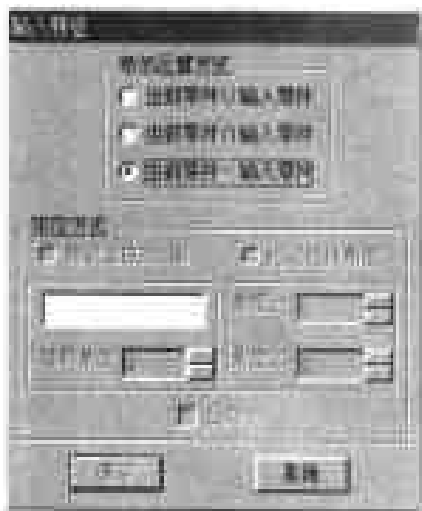


图 2-87

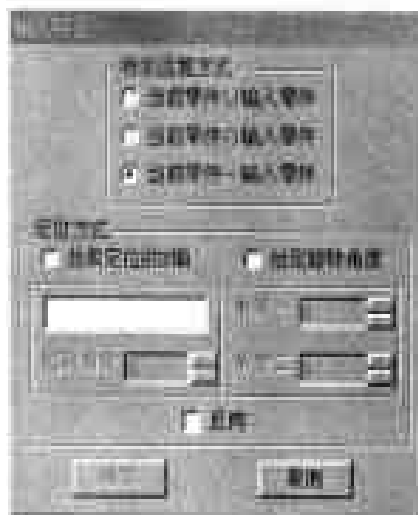


图 2-88

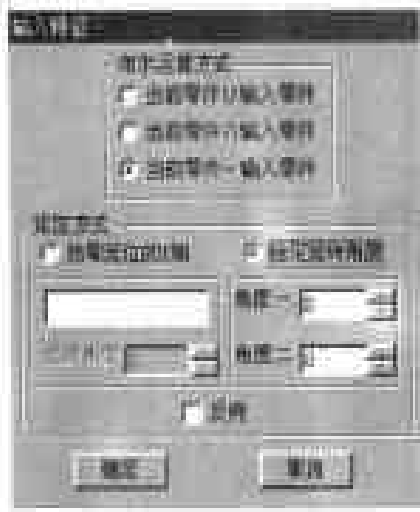


图 2-89



图 2-90

选择“给定旋转轴角度”，系统对话框显示如图 2-89。

选择“确定”结果如图 2-90。

## 2.2.4 螺母造型

### 1. 目的

了解利用拉伸,旋切,导动除料,做出实体的方法;了解公式曲线的应用。

### 2. 题目

已知螺母尺寸如图 2-91。

### 3. 操作步骤

- 步骤 1:按图做出正六边形,里孔做成直径 12.7。然后用拉伸的方法做出螺母的基本体(六边形和内孔一次做出)。

- 步骤 2:作螺纹的导动曲线。导动曲线为一空间螺旋线,螺距为 1.5。在公式曲线中输入下面的公式:

$$\begin{aligned}x(t) &= 8 * \cos(t) \\y(t) &= 8 * \sin(t) \\z(t) &= 15 * t/62.8\end{aligned}$$

角度方式为弧度,参数的起始值为“0”终止值为“62.8”,按确定。曲线的起点为(0,0,-1),这样做是为了避免螺纹开始的部分会有一小部分切不到。

- 步骤 3:做螺纹齿形的截面线,夹角为 60 度。

- 步骤 4:选导动除料,固结导动,结果如图 2-92。

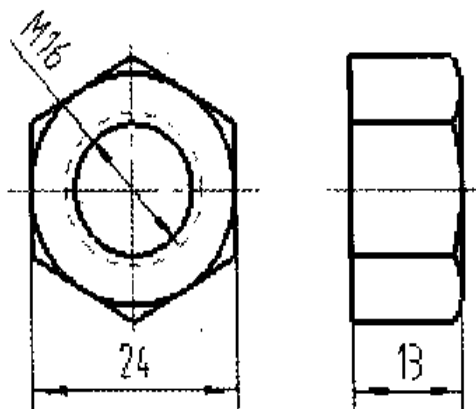


图 2-91



图 2-92

### 2.2.5 叶轮造型

#### 1. 目的

了解放样增料, 旋转增料, 旋转除料, 圆形阵列。

#### 2. 题目

作叶轮造型。

#### 3. 操作步骤

● 步骤 1: 做底座旋转体的截面线, 如图 2-93(a)。为了简便可以直接调文件“威海双轮线框.mxe”。完成后, 将这一轮廓投影到草图然后做旋转增料, 结果如 2-93(b)。

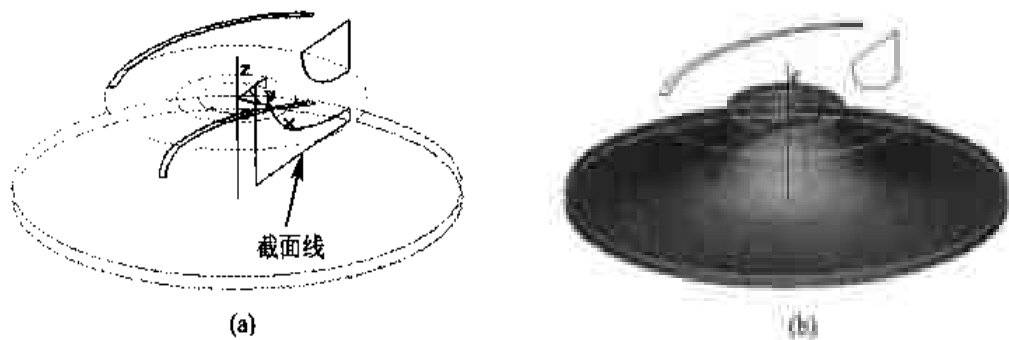


图 2-93

● 步骤 2: 做出图中的二个轮廓草图, 如图 2-94(a)。为了简便可以直接把二个蓝色的轮廓线投影到它所在的平面上, 然后做放样增料。做放样增料时要注意点取草图线的位置要相互对应, 不要任意点取, 否则结果不对。放样结果如图 2-94(a)。

● 步骤 3: 用圆形阵列做出其余 4 片叶片, 如图 2-94(b)。

● 步骤 4: 再做一封闭轮廓, 如图 2-94(a), 用旋切切除叶片上的边缘部分。结果如图 2-95(a)。



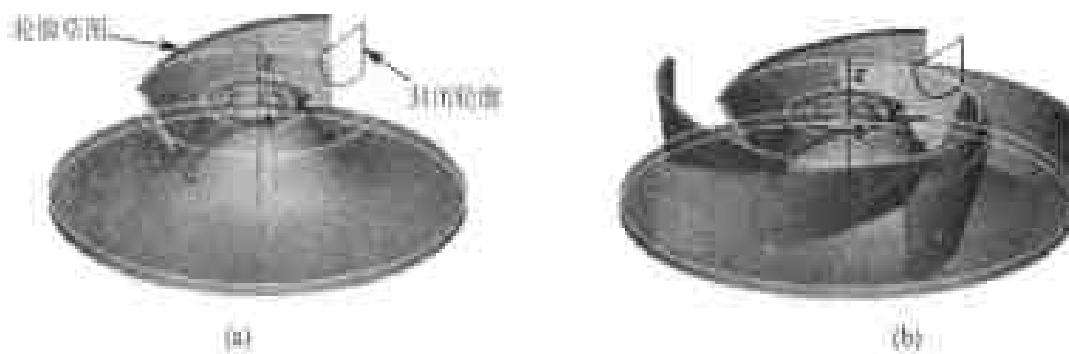


图 2-94

注意:在本造型中一定要先做圆形底座,再做叶片,否则叶片做不了阵列;放样增料时结果与点取草图线的位置有关,否则将得不到正确的结果。完成的造型如图 2-95(b)。

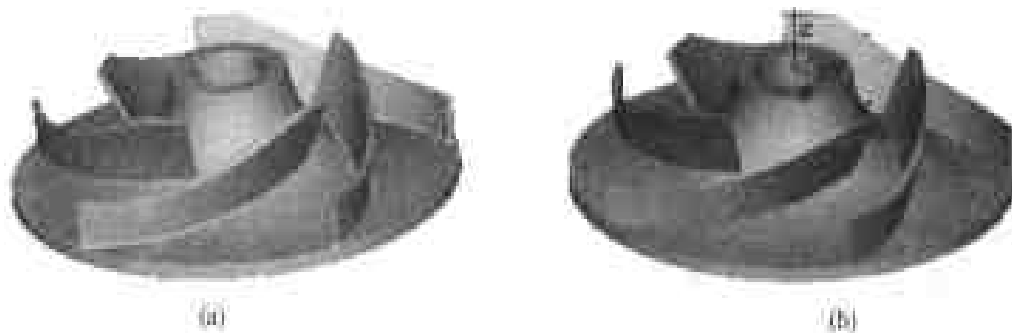


图 2-95

### 2.2.6 十字连接件造型

#### 1. 题目

作形状如图 2-96(a)的十字连接造型。

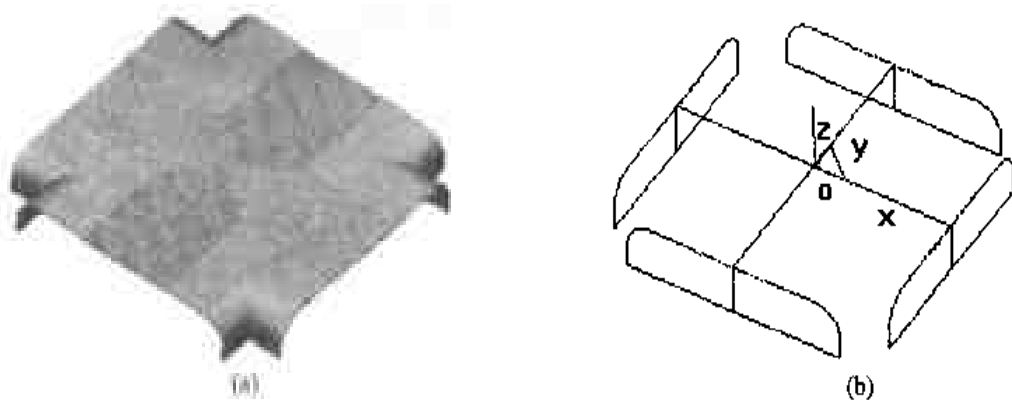


图 2-96

## 2. 操作步骤

● 步骤 1: 先做出一个端面, 旋转以后形成 4 个端面截面线。尺寸可以直接测绘得到, 也可以调文件: 十字连接. eph 直接得到。

● 步骤 2: 把 4 个截面分别投影到它所在的 4 个平面上, 作为蓝图轮廓线。每一个截面都要分为两部分来做, 因为每一个截都要以中心为界, 分别投影到两个平面上。这们一共要做 8 个草图。结果如图 2-96(b)。

● 步骤 3: 做 2 个互相垂直的直纹面。如图 2-97(a)。

● 步骤 4: 把 4 个端面分别做拉伸到面, 结果如图 2-97(b)。

● 步骤 5: 抽壳, 厚度为 0.8。抽去的面为四个端面 and 底面, 共五张面。抽壳后的最终结果如图 2-98。

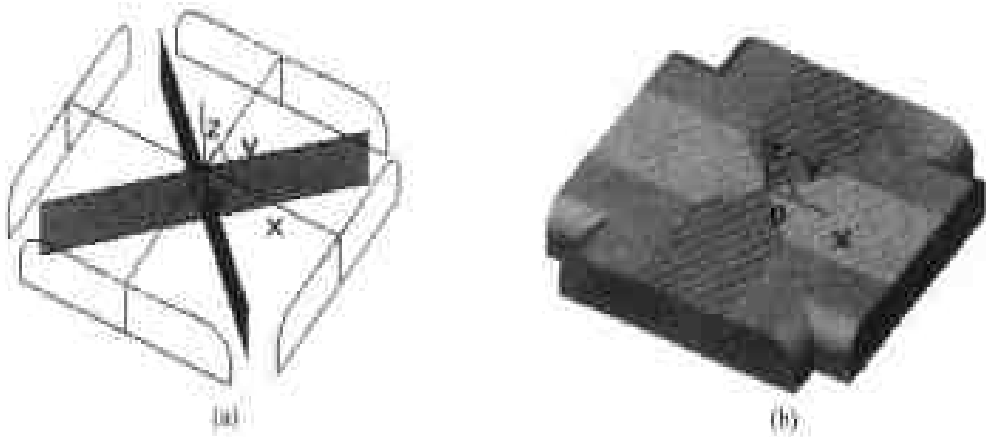


图 2-97



图 2-98

### 2.2.7 台钳扳子造型

#### 1. 题目

作如图 2-99 台钳扳子造型。



图 2-99

#### 2. 操作步骤

● 步骤 1: 扳子主体部分为一旋转体。首先做出旋转体的截面线, 具体尺寸及形状如图 2-100。

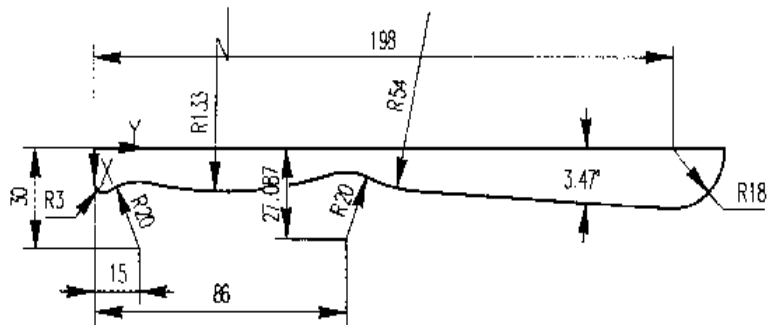


图 2-100

● 步骤 2: 利用上一步做出的截面线做旋转加料, 结果如图 2-101。  
 ● 步骤 3: 利用拉伸除料, 作出前端的扁平部分, 上下两平面可以同时作出, 具体尺寸如图 2-102。

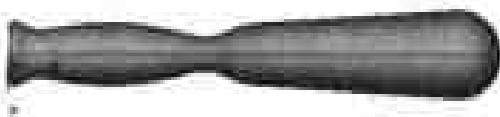


图 2-101

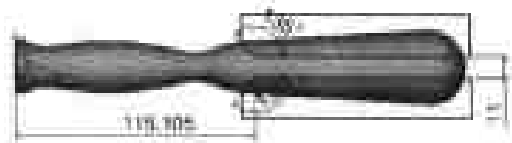


图 2-102

- 步骤 4: 两个轮廓同时做拉伸减料, 结果如图 2-103。
- 步骤 5: 在零件的端部做一直径 36 的圆, 如图 2-104。向上拉伸 18 毫米, 如图 2-105。
- 步骤 6: 点取圆柱上端面在圆柱中心钻一直径 18 的通孔, 在这里没有直接做方孔是因为通孔的二端有一个倒角, 直接做倒角比用旋切要简便。
- 步骤 7: 作  $3 \times 45^\circ$  倒角。结果如图 2-106。



图 2-103



图 2-104

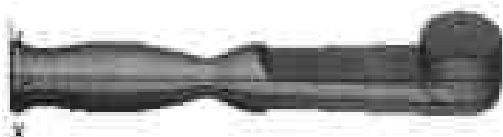


图 2-105

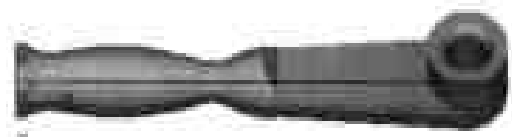


图 2-106

- 步骤 8: 利用拉伸减料做出中心方孔, 如图 2-107, 尺寸和结果如图 2-108。



图 2-107



图 2-108

- 步骤 9: 做出凹下平面 2mm 部分, 尺寸如图 2-109。
- 步骤 10: 分别在上下两面拉伸减料, 结果如图 2-110。



图 2-109

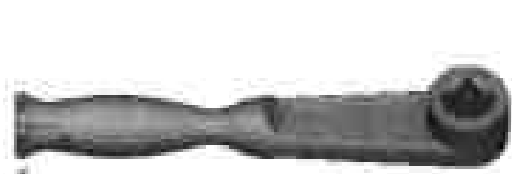


图 2-110

- 步骤 11: 各棱边适当倒圆角, 凹平面上可以刻字, 字体、位置自定 (图中字高为 15, 字体为隶书, 字间距为默认值)。结果如图 2-111。

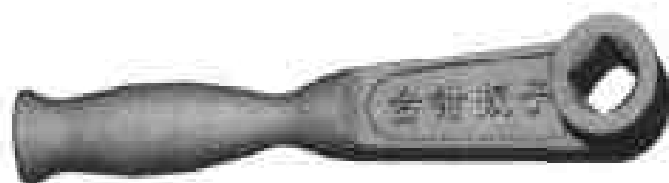


图 2-111

## 2.3 高级实体造型实用技巧

### 2.3.1 复杂实体造型中常见问题

在实体造型中,常常头疼的是造型进行到一半时发现做不下去了,总结主要原因如下:

- 实体特征树太大,造成显示、编辑、驱动等操作异常缓慢;
- 造型完成后无法实现再修改;
- 复杂几何形状无法生成;
- 圆角过渡失败;
- 抽壳失败;
- 临界拉伸失败;
- 曲面裁剪实体失败;
- 曲面加厚失败;
- 导动失败;
- 放样生成失败;
- 放样生成体不理想;
- 并入文件(交并差)失败。

### 2.3.2 实用原则

针对上述造型中经常出现的问题,在实体特征造型中应当遵循以下的造型原则,来避免发生这些问题。

#### 1. 尽可能减少特征树的数量

能够在草图绘制中完成的造型操作,不要放到特征编辑中去做。如以下造型:

- 可预见的大圆角、大倒角等;
- 阵列结构;
- 局部通槽、凸筋。

#### 2. 事前确定基准、草图标注尺寸

为避免造型后修改困难的尴尬局面,应当做到事前确定基准,每个草图都有基准、草图标注尺寸。

#### 3. 慎用文件合并

在目前的 EB3D 中进行合并操作,意味着特征树的丢失。这将导致后续的编辑困难。所以在小而简单的实体造型中尽量不用合并运算。对于大而复杂的造型(有时是为了减少特征树,提高运行速度),在每一步合并前都要做文件的备份存储。

#### 4. 避免临界状态操作

临界状态操作常导致操作失败或意想不到的结果,甚至可能导致死机。但是临界状态不是不可避免的,打破临界状态的方法不外两种:加和减。如拉伸增料到曲面时,如果曲面较小,处于临界状态导致的拉伸失败,应当加大曲面。

#### 5. 注意二维图形的方向性

从算法上讲,任何除点以外的图素都具有方向。直线、圆弧、样条、曲面。在很多无法实现的操作中,很多是由于编程人员的遗漏,没有考虑方向引起的。如导动时,导动线的方向、变 R 过渡中棱边的顺序、实体放样拉伸时每个截面的顺序等等。所以如果造型人员在绘制基础线架时考虑了方向,即使是编程人员疏忽了,也能够很好地将造型完成。

#### 6. 放样操作,注意样条的点数、多曲线草图的曲线段数

在放样操作中,必须考虑草图的曲线段数、样条的点数,否则很可能无法生成或生成的质量差。

### 2.3.3 实用技巧

#### 1. 动模底板造型实例中特征树的减少

要求做如图 2-112 造型。

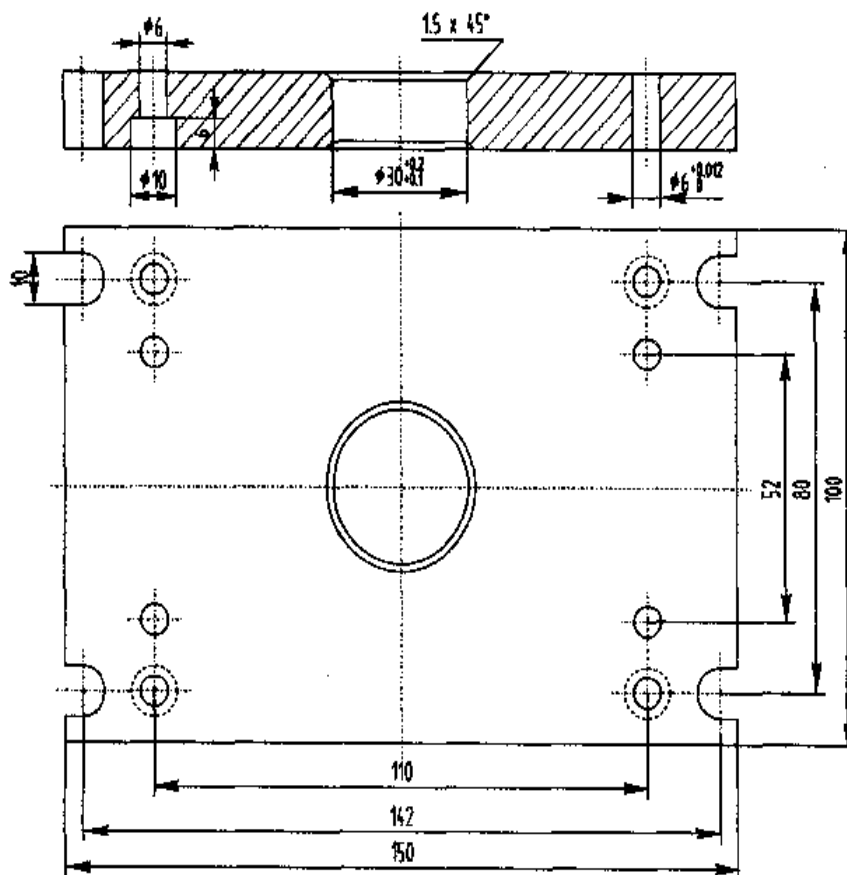


图 2-112

在此造型中,除  $\Phi 10$  阶梯孔外,其余都是通孔。如果在草图中先做模板外形,然后拉伸体,再在体上边穿孔、做草图再拉伸减料生成四个边缘豁孔、倒角等,最少特树将有 4 步甚至更长。

如果采用草图中一次将所有通孔做出(中心  $\Phi 30$  大孔、4 个  $\Phi 6$  配合孔、4 个  $\Phi 6$  小阶梯孔、4 个边缘豁孔),然后拉伸减料  $\Phi 10$  阶梯孔,倒角  $1.5 \times 45$ ,如图 2-113。这样特征树将只有 3 步。



图 2-113

## 2. 鼠标实体造型中的一些技巧

做鼠标的三维实体造型,如图 2-114,要求棱边做 R15 到 R5 的变 R 过渡。

### ● 较好的操作方法

- 先绘制 XY 面草图,将俯视图完全绘制在草图中(包括两个 R12 圆角);
- 草图绘制时按同一顺序绘制直线圆弧,保证封闭轮廓的方向一致;
- 作顶部曲面造型;
- 将顶部曲面在 4 个方向上各延伸 5mm;
- 特征拉伸增料将前面绘制的草图拉伸到曲面上;
- R 过渡棱边(棱边拾取时按顺序拾取,不要跳着来)。

### ● 分析

- 鼠标主体的拉伸:R12 的过渡直接作到草图中,以减少特征树;
- 草图的方向一致对后面的变 R 过渡很有好处;

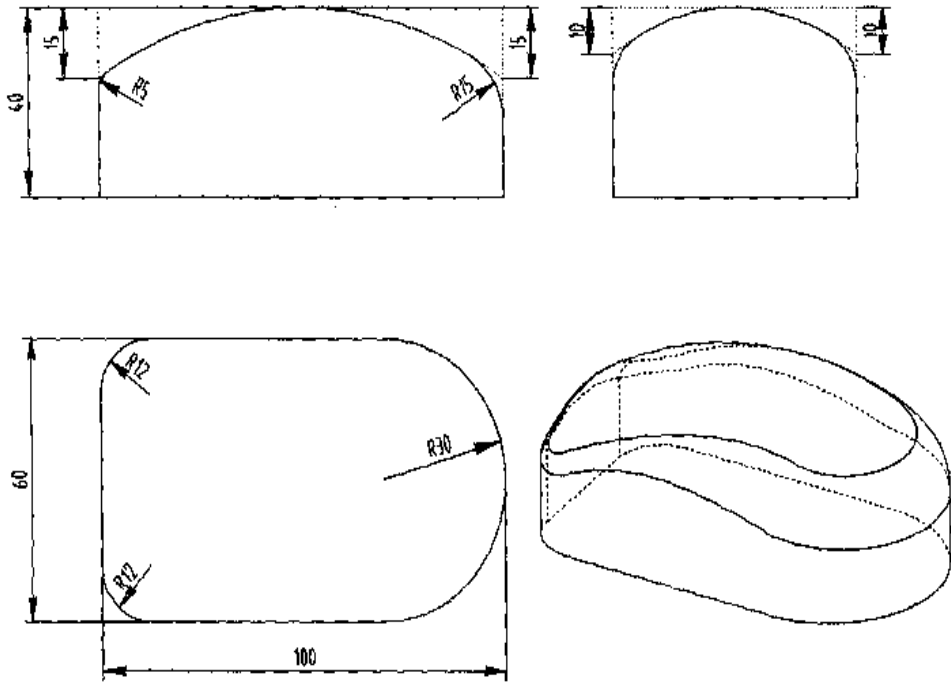


图 2-114

- 棱边变 R 过渡拾取边时的方向必须按顺序, 否则有可能做不出;
- 顶部曲面生成后, 要将曲面在四个方向上延长, 以避免临界状态发生。

如果顶部曲面不在四个方向上延长, 当特征拉伸增料用草图拉伸到曲面时有可能发生拉伸失败, 即使拉伸成功, 在后面的变 R 过渡中也可能出现过渡失败现象。

### 3. 加减料反拉伸技巧

加减料拉伸是实体造型中最基本的特征造型。它们都具有正反向拉伸的功能, 巧妙运用可以组合出很复杂的几何形状。

#### ● 二次拉伸加料

草图曲面位置如图 2-115。

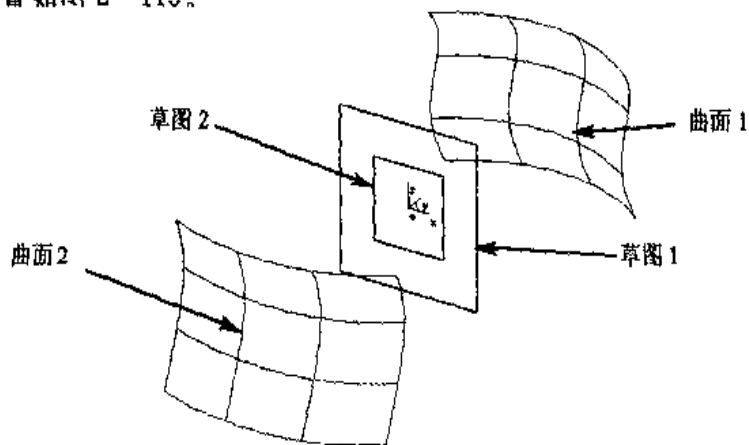


图 2-115



用“草图 1”沿正 Y 方向加料拉伸到“曲面 1”，用“草图 2”沿负 Y 方向加料拉伸到“曲面 2”，其结果如图 2-116。



图 2-116

如果变换曲面的位置如图 2-117。

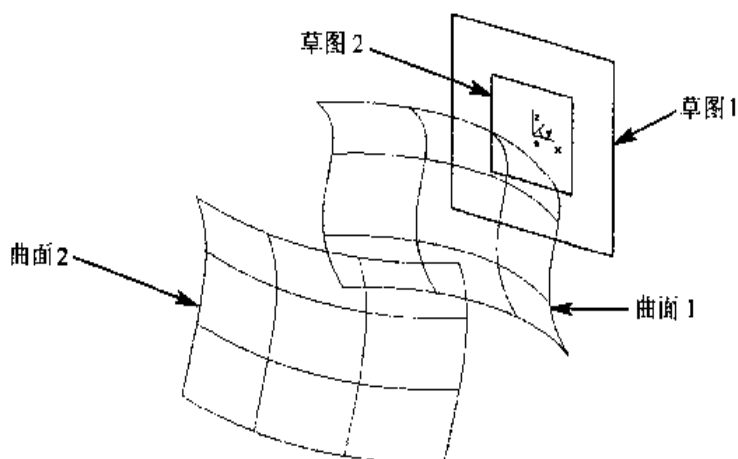


图 2-117

同样用两个草图分别向对应的曲面拉伸加料，其结果如图 2-118。

#### ● 二次拉伸减料

变换草图和曲面位置如图 2-119。

用“草图 1”沿负 Y 方向加料拉伸到“曲面 1”，用“草图 2”沿负 Y 方向减料拉伸到“曲面 2”，其结果如图 2-120。

如果还有 N 个草图 M 个曲面，通过不同的组合可以做出各种不同的特殊造型。



图 2-118

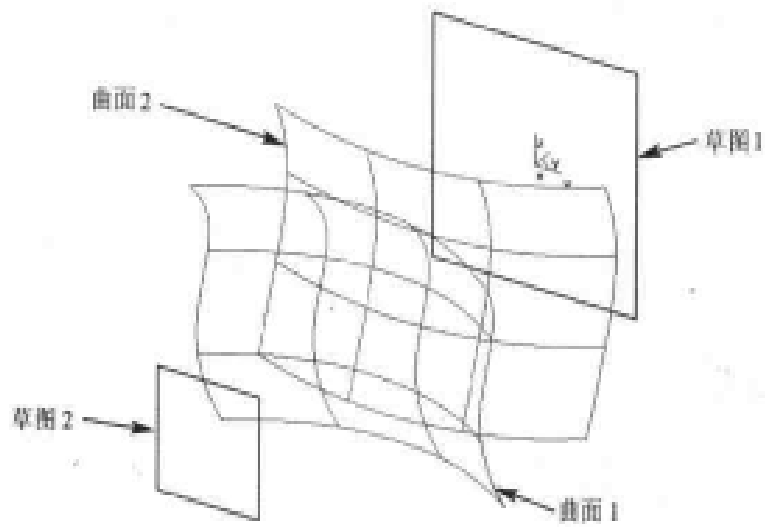


图 2-119

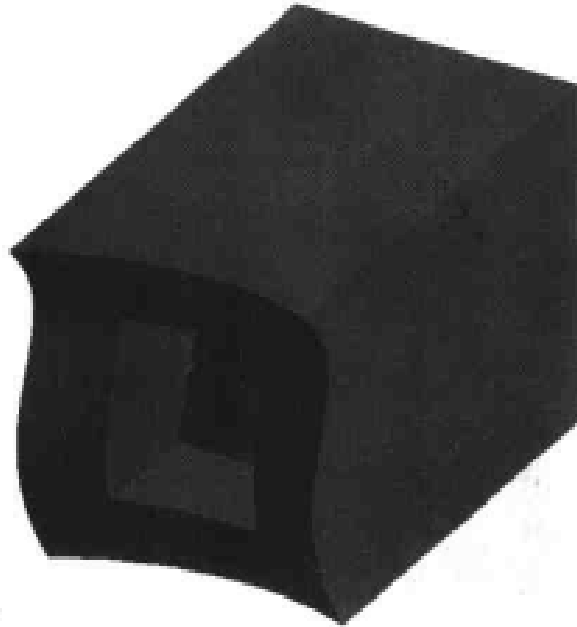


图 2-120

## 2.4 高级造型实例(叶轮动模)

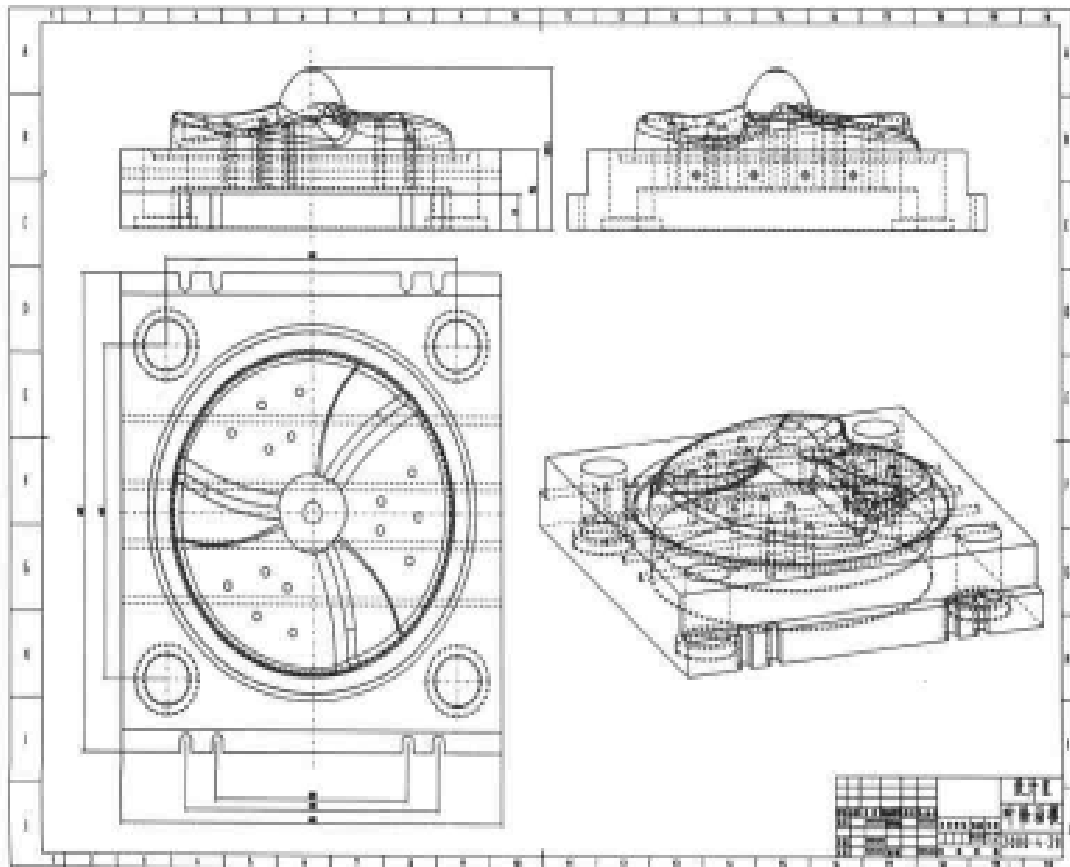


图 2-121

### 2.4.1 建立叶轮主曲面

#### 1. 绘制线框

- 将当前工作平面切换为 XY, 在 Z 高度为 183 的 XY 平面内绘制两个圆弧。  
第一个圆弧参数: 圆心(0,0,183), 半径 240, 起始角度 245°, 终止角度 355°。  
第二个圆弧参数: 圆心(0,0,183), 半径 12, 起始角度 245°, 终止角度 355°。
- 用直线连接两圆弧端点, 结果如图 2-122。

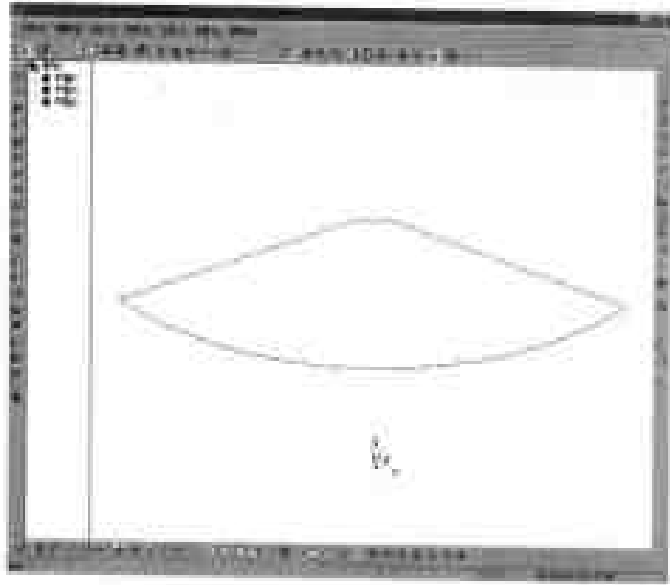


图 2-122

- 在 4 个端点做负 Z 向垂线, 长度如图 2-123 所示。
- 分别在连线的两个中点向负 Z 方向绘制直线, 长度如图 2-124 所示。

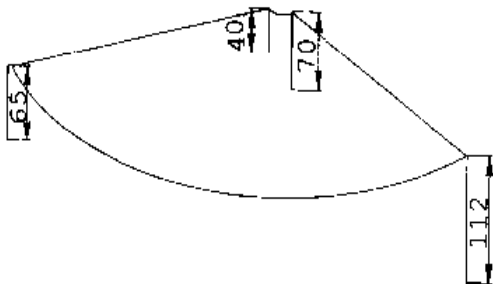


图 2-123

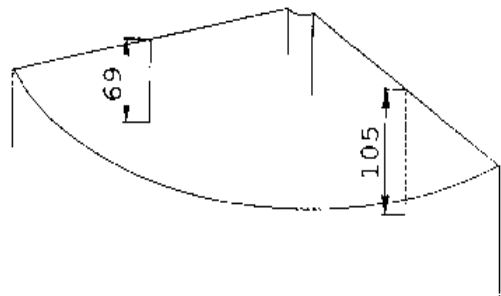


图 2-124

- 用三点圆弧, 捕捉直线端点, 作如图 2-125 图形。
- 过与 XY 平行的面内两圆弧中点做两长度如图 2-126 的垂线。

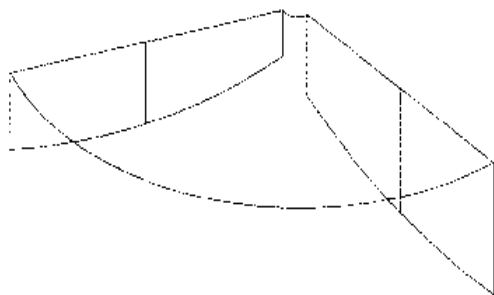


图 2-125

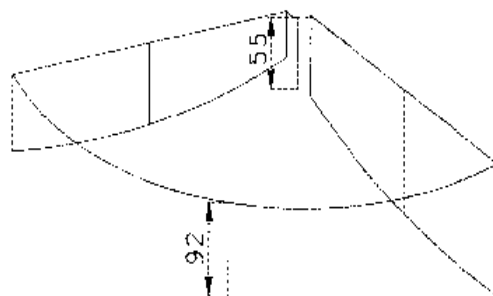


图 2-126

● 用三点弧, 捕捉直线端点做如图 2-127 弧线。

## 2. 删除废线

删除各条辅助垂线, 清理画面显示, 如图 2-128。

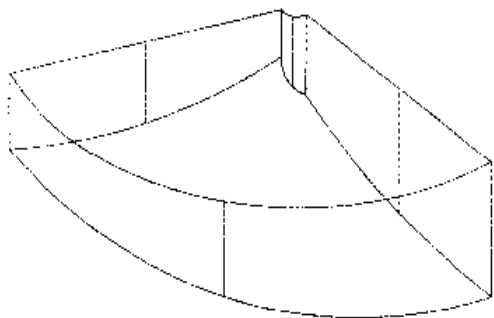


图 2-127

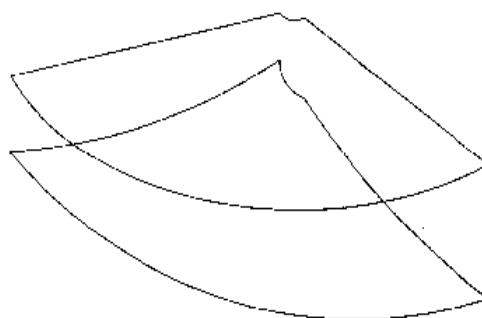


图 2-128

## 3. 生成四边界曲面

用边界面功能中的“四边界”, 生成曲面如图 2-129。

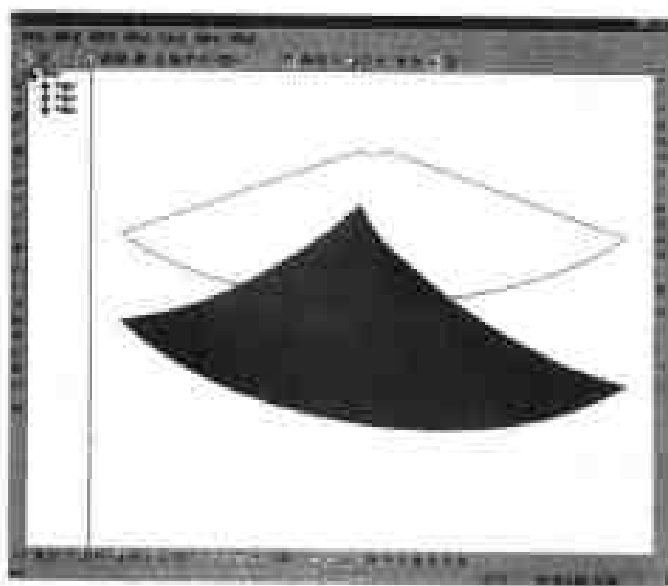


图 2-129

### 2.4.2 建立叶轮副曲面

#### 1. 建立线框

切换当前坐标到 XZ 平面,用两点半径作弧功能绘制一圆弧,圆弧两点坐标为(18,0,137)、(239,0,118),圆弧半径为“324”。再用两点线绘制一条过 Z 轴的铅垂线。如图 2-130 所示。

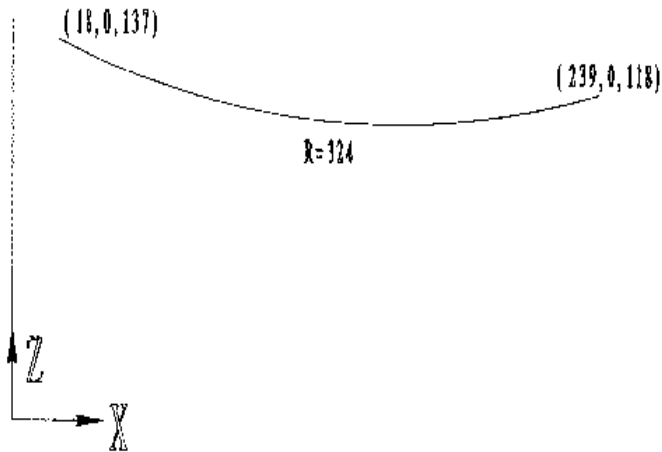


图 2-130

#### 2. 生成旋转曲面

用上步生成的圆弧为旋转母线,直线为旋转轴,做旋转曲面,旋转起始角度为“0”,终止角度为“360”。生成图形如图 2-131。

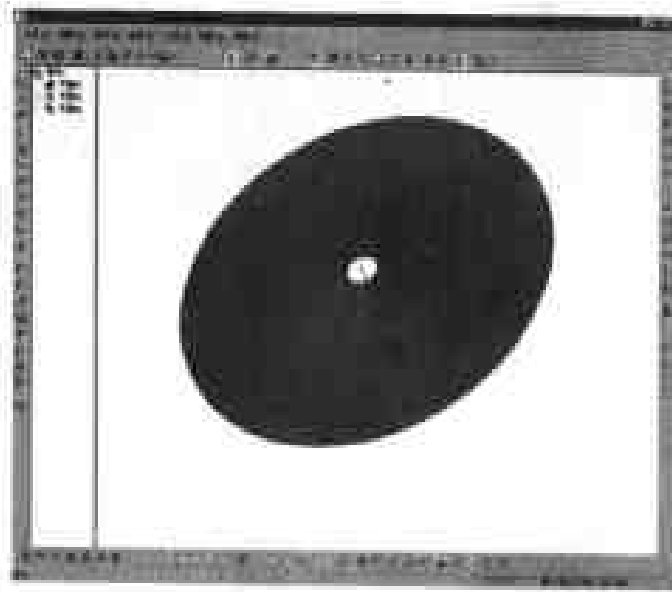


图 2-131

### 2.4.3 建立叶轮主体

#### 1. 建立基准面

建立平行于 XY 的草图基准面, Z 正向距离为“45”。

#### 2. 建立主体草图

激活上步基准面, 进入草图绘制, 绘制一个圆心为(0,0)半径为“225”的圆。

#### 3. 拉伸主体

用拉伸加料将上步草图拉伸, 方向为正 Z。高度为“100”, 拔模角度为“5”。

#### 4. 主体中心穿孔

在主体中心部位穿孔, 孔的直径为“40”。注意使用打孔功能时, 工具点的使用(捕捉圆柱体的圆心位置)。

#### 5. 曲面裁减体

用已经生成的旋转曲面裁减体(去掉体的上半部)。裁减后将旋转曲面隐藏, 显示如图 2-132。



图 2-132

### 2.4.4 修剪叶轮主体

#### 1. 建立裁减草图基准面

建立平行于 XY 的 Z 正向距离为“185”的草图基准面。

#### 2. 建立草图

激活基准面, 进入草图绘制状态, 绘制如图 2-133 的草图。

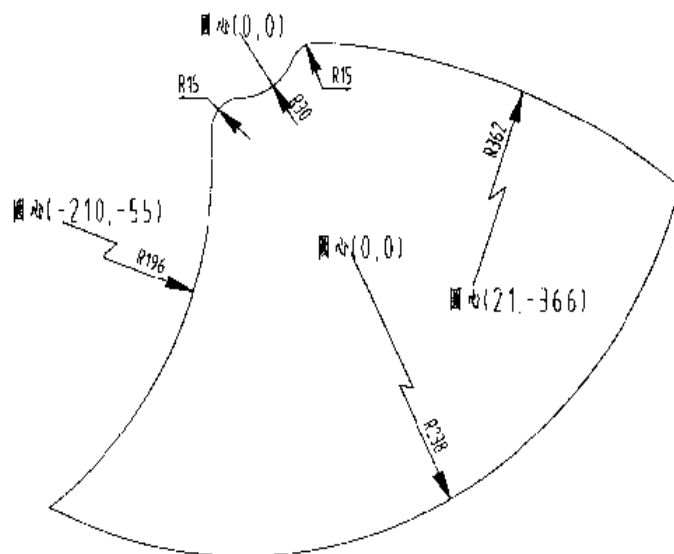


图 2-133

### 3. 拉伸减料

用上步生成的草图向步骤 2.4.1 中生成的四边界曲面做拉伸减料,然后隐藏其他辅助线。生成图形如图 2-134。



图 2-134

### 4. 旋转阵列特征

做辅助旋转轴,两点直线(0,0,0)、(0,0,200)。

用环形阵列功能,阵列上步拉伸减料特征,设置旋转角度“120”,阵列数目为“3”,使用自身旋转方式。阵列后图形如图 2-135。





图 2-135

### 2.4.5 建立中轴

#### 1. 草图建立

激活 XZ 面, 进入草图绘制。绘制如图 2-136 草图。

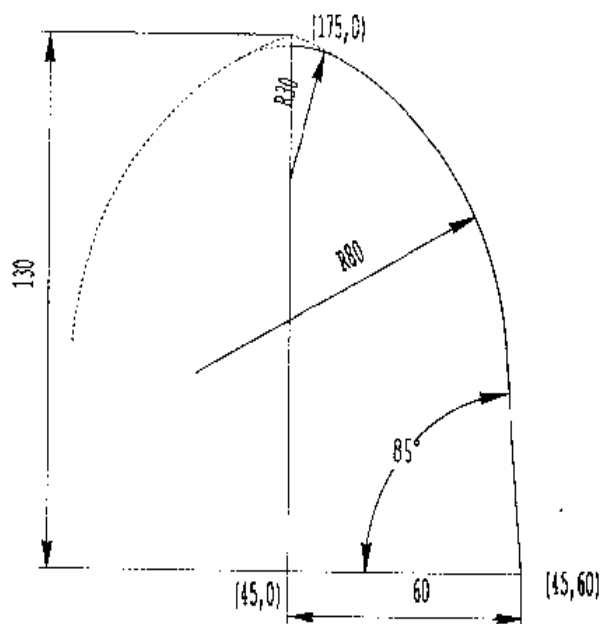


图 2-136

注意: 要求草图轮廓为上图的黑色实线部分, 虚线部分为辅助线, 退出草图前必须裁剪掉。

#### 2. 旋转加料建体

用上步草图, 沿 Z 轴旋转  $360^\circ$  生成体。显示如图 2-137。



图 2-137

#### 2.4.6 过渡棱边

##### 1. R20 的 3 个棱边过渡

用 R20 的圆角过渡如图 2-138 中深色的细线所显示的 3 个棱边。

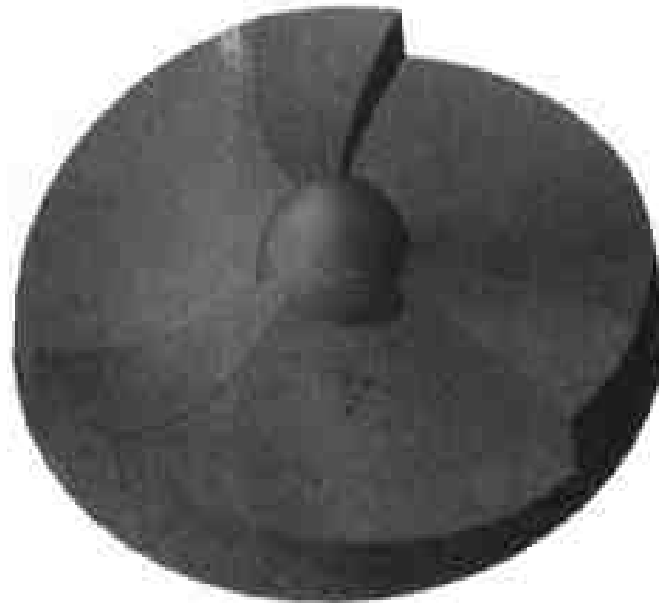


图 2-138

##### 2. R18 的 3 个棱边过渡

用 R18 的圆角过渡如图 2-139 中深色细线所显示的 3 个棱边。

##### 3. R18 的 3 个棱边过渡

用 R18 的圆角过渡如图 2-140 中深色细线所显示的 3 个棱边。

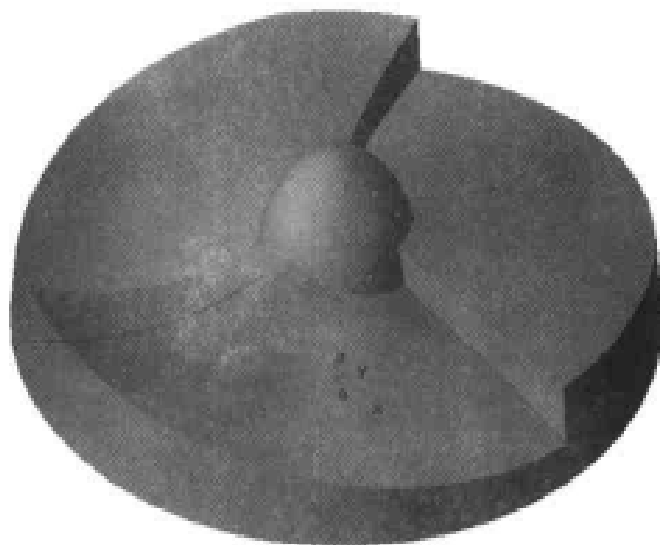


图 2-139

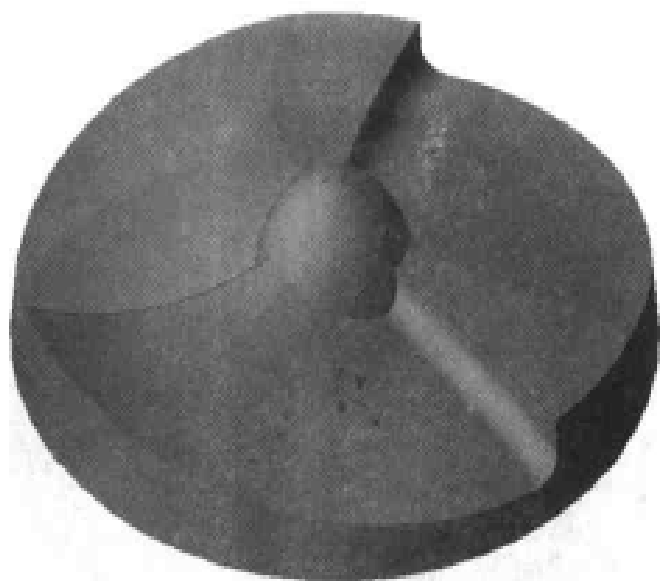


图 2-140

#### 4. R10 周边过渡

用 R10 的圆角过渡如图 2-141 中深色细线所显示的周边棱边(注意用“沿切面沿顺”方式)。

#### 5. 文件存盘为 X\_T 格式

将上述文件存盘为 X\_T 格式。

最终生成造型如图 2-142。



图 2-141



图 2-142

#### 2.4.7 建立动模板

##### 1. 新建文件

##### 2. 绘制草图

在 XY 平面( $Z$  为“0”)内绘制草图,如图 2-143。

##### 3. 拉伸实体

做实体加料拉伸,用上步草图向负  $Z$  方向拉伸高度为“50”的体。

#### 4. 阶梯草图绘制

激活 XY 面(Z 为“0”)创建草图,如图 2-144。

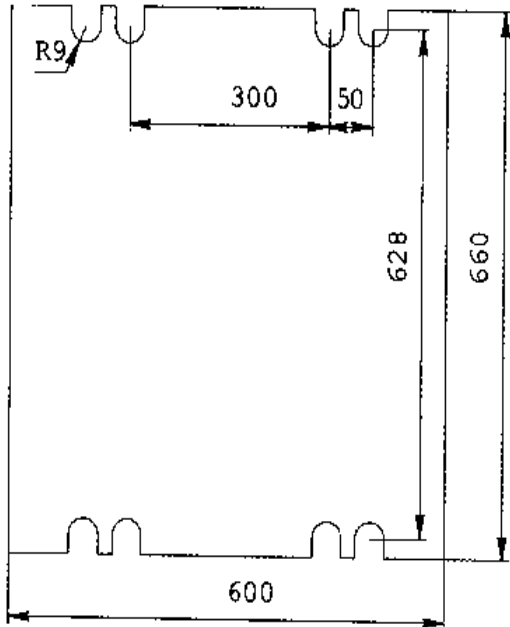


图 2-143

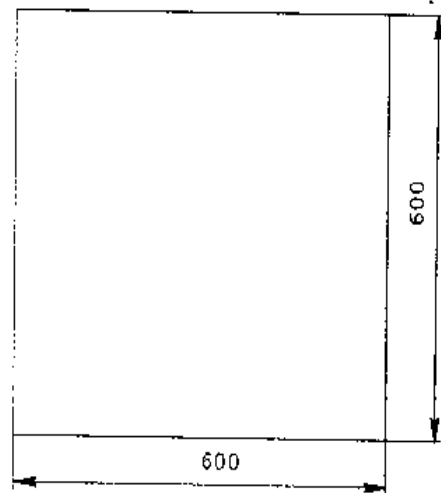


图 2-144

#### 5. 拉伸实体

用上步草图沿 Z 正方向拉伸加料,高度为“60”的体。拉伸后如图 2-145。



图 2-145

#### 6. 建立草图

激活实体上表面,进入草图绘制状态绘制圆心为(0,0),半径为“250”的圆。

#### 7. 拉伸减料

用实体拉伸减料功能,向 Z 负方向拉伸,深度为“15”,拔模角度为“5”。拉伸后图形如图 2-146。



图 2-146

#### 2.4.8 合并文件

使用文件合并功能并入前面生成的 X\_T 文件。并入时选用“U”，插入点(0,0,0)。并入后图形如图 2-147。



图 2-147

#### 2.4.9 创建导柱孔

##### 1. 创建草图

显示旋转视图到模体背面,激活该面,进入草图绘制。绘制圆心为“(230,230)”,半径为“48”的圆。

##### 2. 拉伸减料

用上步的草图,拉伸减料生成深度为“15”的孔,如图 2-148。

##### 3. 创建草图

在当前显示状态下,再次激活模体背面,进入新的草图绘制状态。绘制圆心为“(230,230)”,半径为“35”的圆。

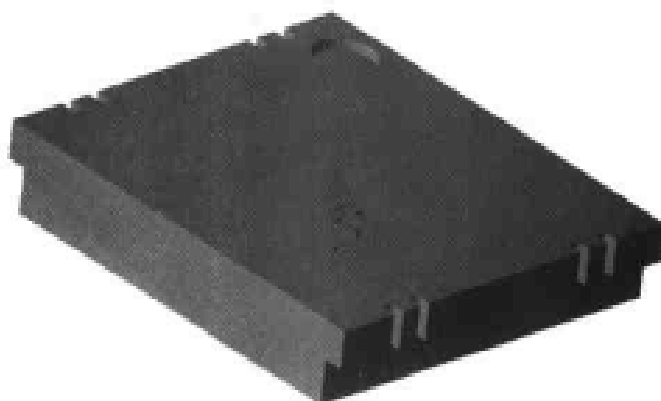


图 2-148

#### 4. 拉伸减料

用上步草图拉伸减料贯穿整个体,如图 2-149。

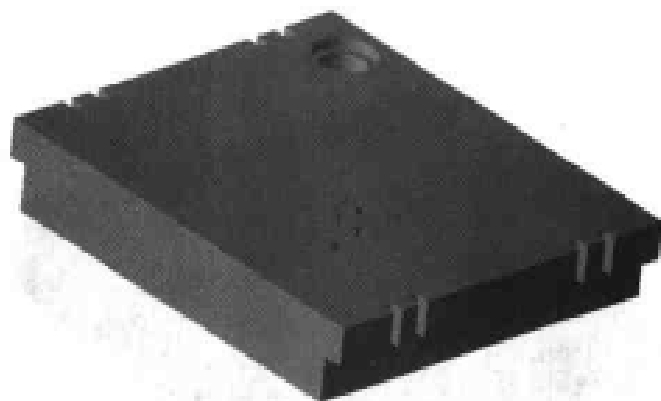


图 2-149

#### 5. 线性阵列导柱孔

用线性阵列功能阵列上步特征。阵列两个方向分别为 X 轴、Y 轴方向(方向选取可用实体的棱边),两个方向上的距离都为“460”,数量为“2”。阵列后显示如图 2-150。

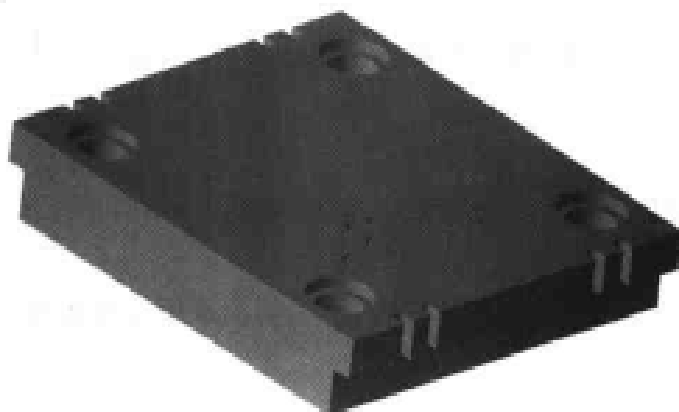


图 2-150

#### 2.4.10 大过孔造型及背面工艺倒角

在上步显示视图下,激活模版背面,进入草图绘制,绘制圆心为“(0,0)”,半径为“220”的圆。用拉伸减料生成深度为“58”的大过孔,并将背面所有棱边做工艺倒角,倒角为 $2 \times 45^\circ$ ,如图 2-151。



图 2-151

#### 2.4.11 穿顶杆孔

##### 1. 穿基孔

激活模版背面平面,进入草图绘制状态。绘制 5 个半径为“6”的圆,其圆心位置分别为(31,-164)、(88,142)、(133,-100)、(40,-102.5)、(74,-81)。

用拉伸减料贯穿体。

##### 2. 圆形阵列基孔

用圆形特征阵列上步生成的基孔,角度为“120”,数目为“3”,“自身旋转”方式。阵列后显示如图 2-152。



图 2-152



注意:该步也可以在上步草图绘制时,圆形阵列基孔。然后再做拉伸减料操作。

#### 2.4.12 穿水道孔及倒工艺圆角

##### 1. 草图绘制

激活如图 2-153 所示侧面并进入草图绘制状态。创建如图 2-154 草图(圆孔直径为“6”)。



图 2-153

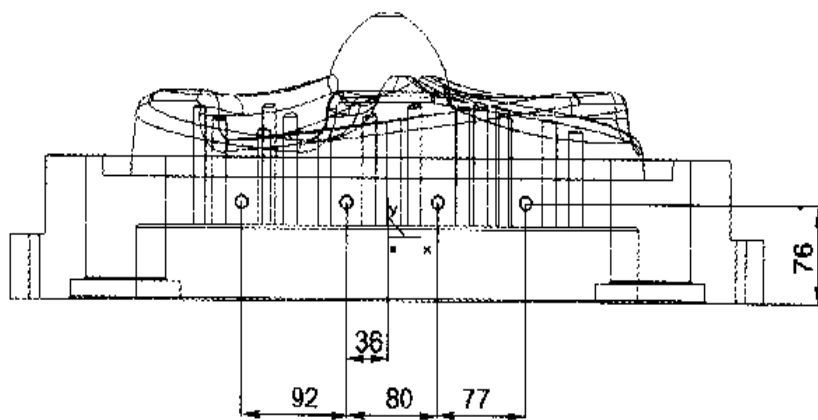


图 2-154

##### 2. 拉伸减料生成水道孔

用拉伸减料贯穿体。

##### 3. 工艺倒圆角

将图中深色细线所指棱边倒 R10 圆角,位置如图 2-155 所示。



图 2-155

完成后的造型如图 2-156。

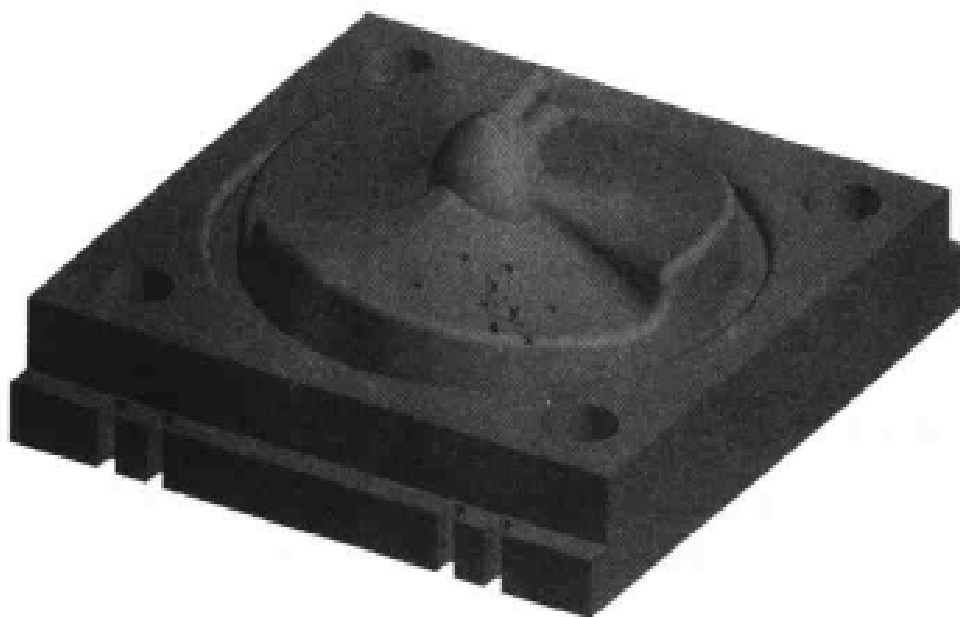


图 2-156

#### 2.4.13 投影二维图形

输出主视图、俯视图、左视图及轴测图，并标注外形尺寸。输出到电子图板中。完成效果如图 2-157。

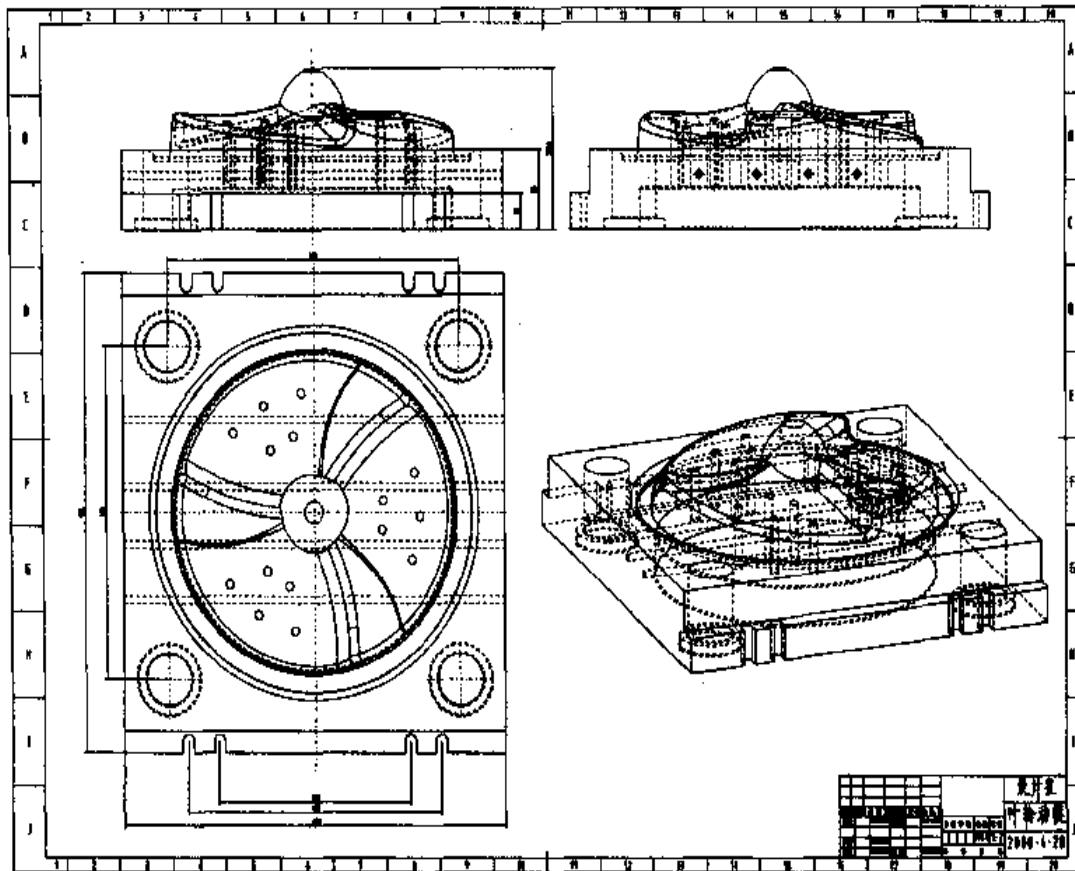


图 2-157

#### 2.4.14 叶轮造型技巧小结

对于叶轮的实体造型,有两个难点:一个是叶面的生成;一个是环形凹腔的生成。这里采用正向拉伸加料和反向拉伸减料来解决叶面的形成;环形凹腔采用交并差(合并文件功能)生成。

## 2.5 练习题

### 1. 简单档块造型

作如图 2-158 的几何体造型。

### 2. 阶梯轴造型

作如图 2-159 的阶梯轴造型。

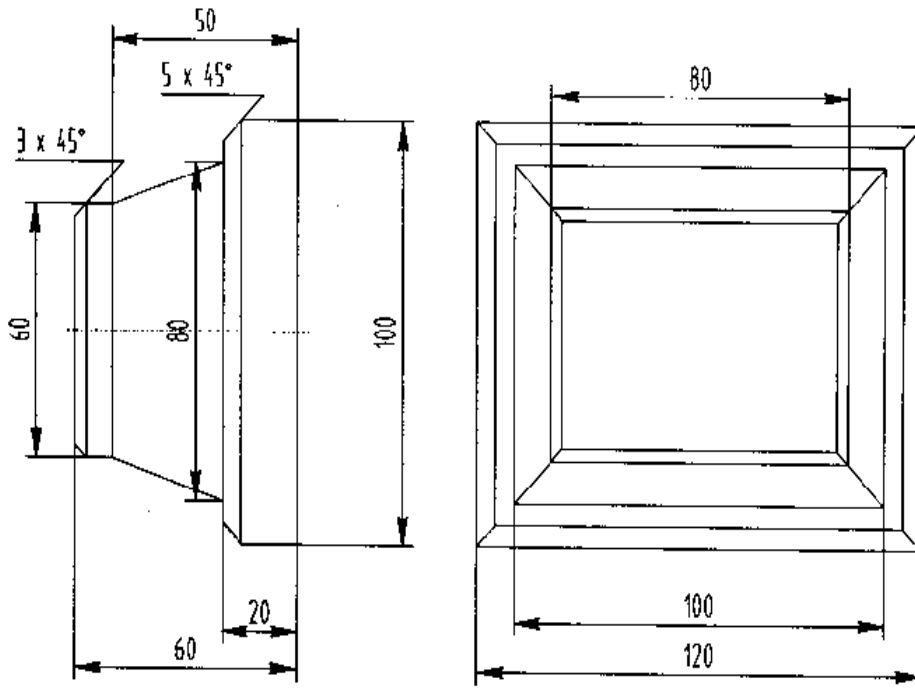


图 2-158

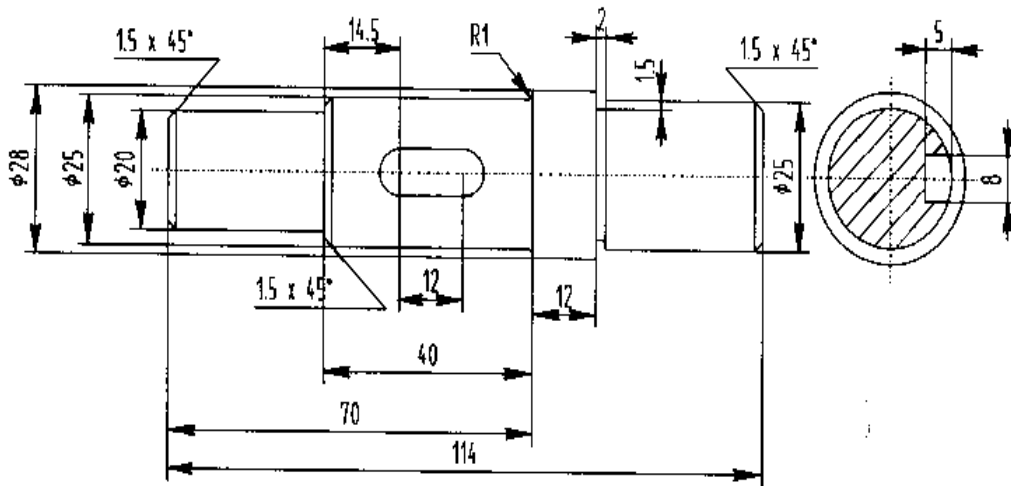


图 2-159





### 6. 旋转减料和过渡练习

原立方体的重心在坐标原点,长宽高为:100×100×100。如图 2-163 所示,用一球裁掉立方体一角。球心在立方体角点,半径 R40。棱边过渡半径为 R12。

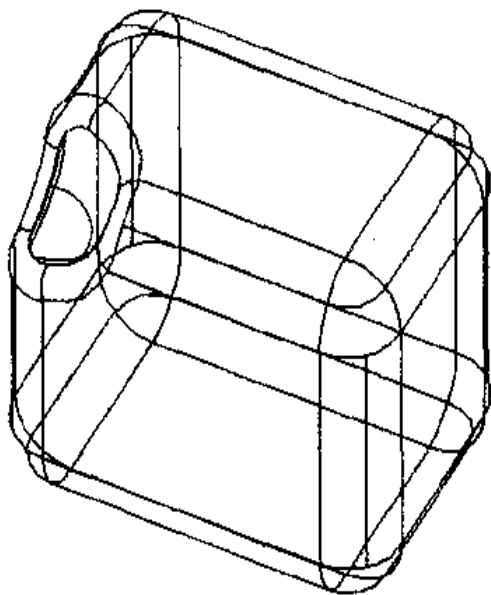


图 2-163

### 7. 实体放样练习

按图 2-164 作实体造型。

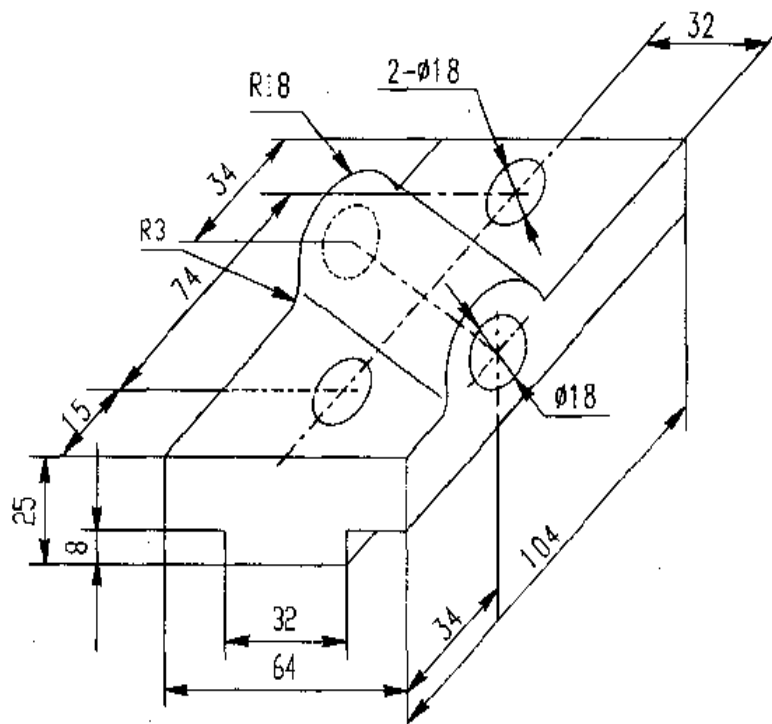


图 2-164





## 10. 齿条造型

作如图 2-167 齿条造型。

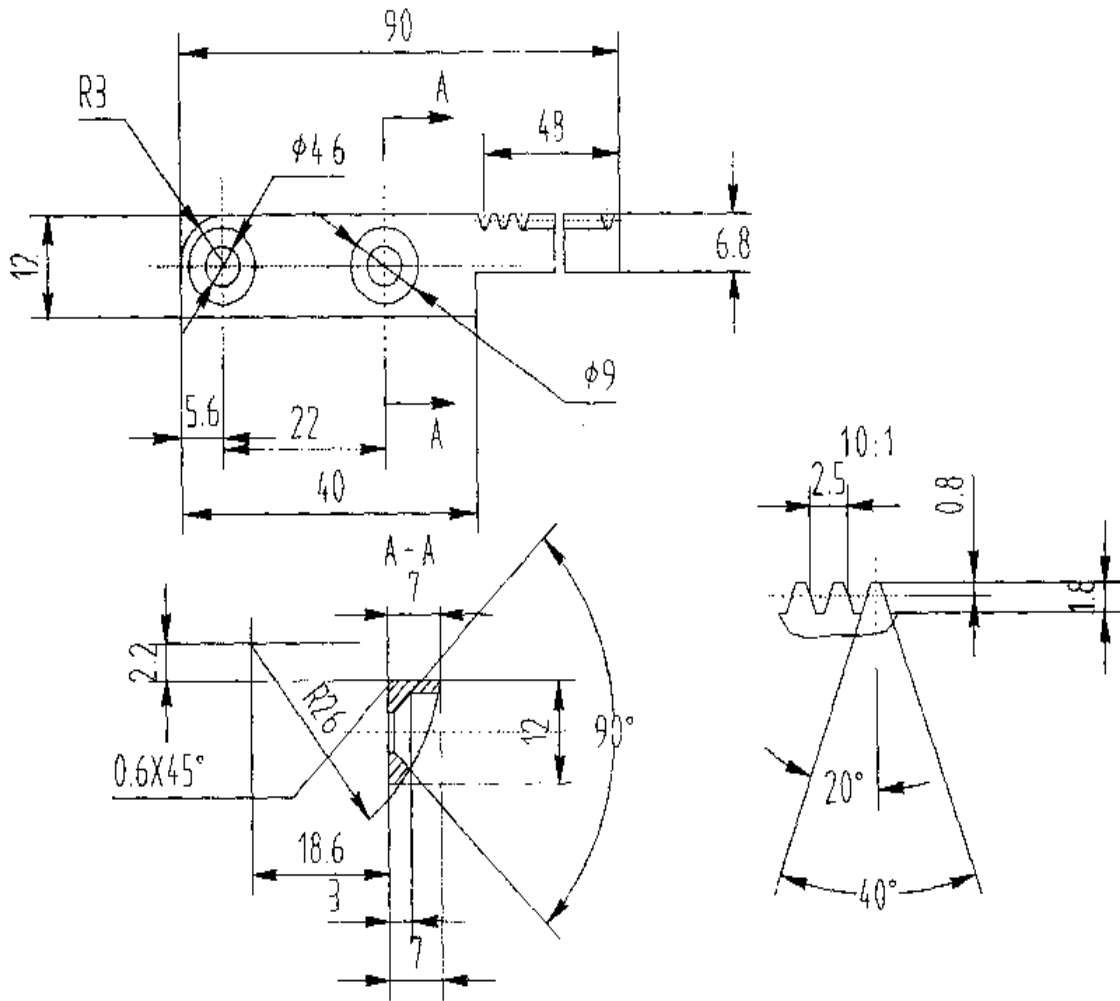


图 2-167

## 11. 三角带轮造型

按照图 2-168 齿轮,用实体造型功能建立三角带轮三维模型。

提示:该题用旋转加料方式较好。

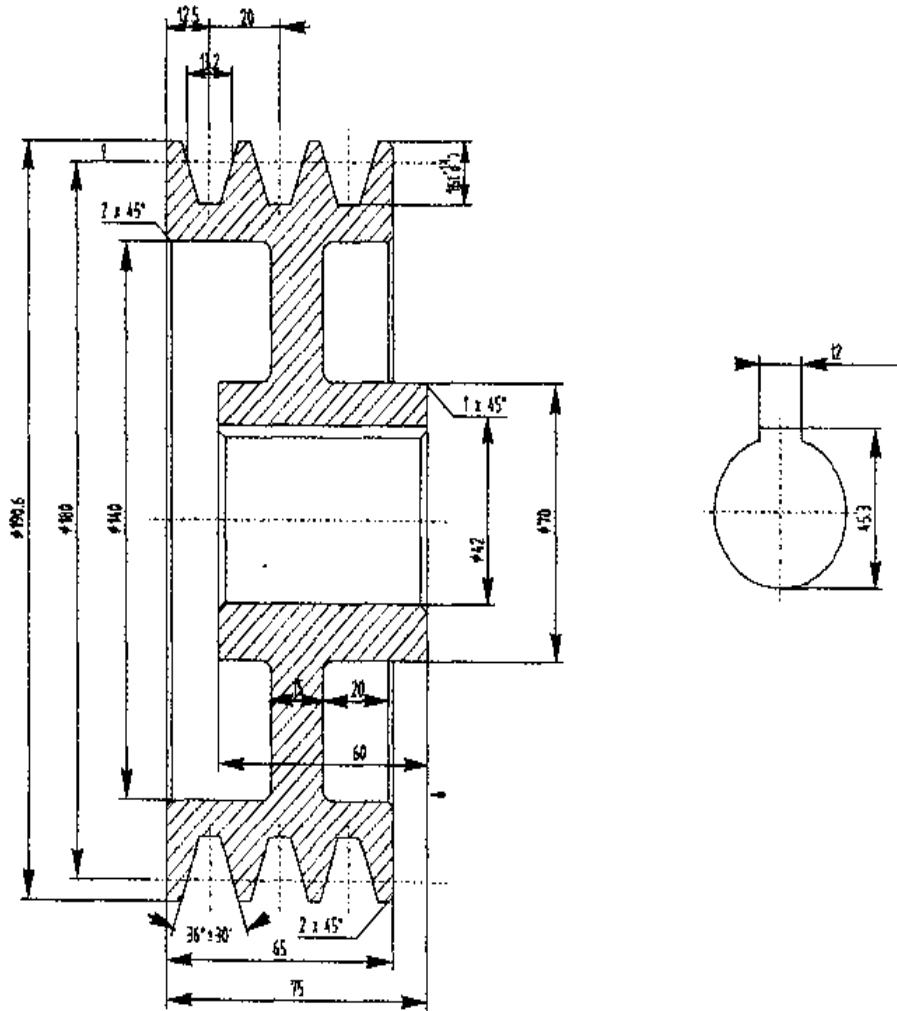


图 2-168

12. 推进凸轮造型

按照图 2-169,用实体造型功能建立推进凸轮造型。

13. 端盖造型

按照图 2-170 做端盖造型。

14. 锤罩造型

按照图 2-171 锤罩尺寸做三维实体造型。

15. 夹轴座环造型

做如图 2-172 夹轴座环造型。

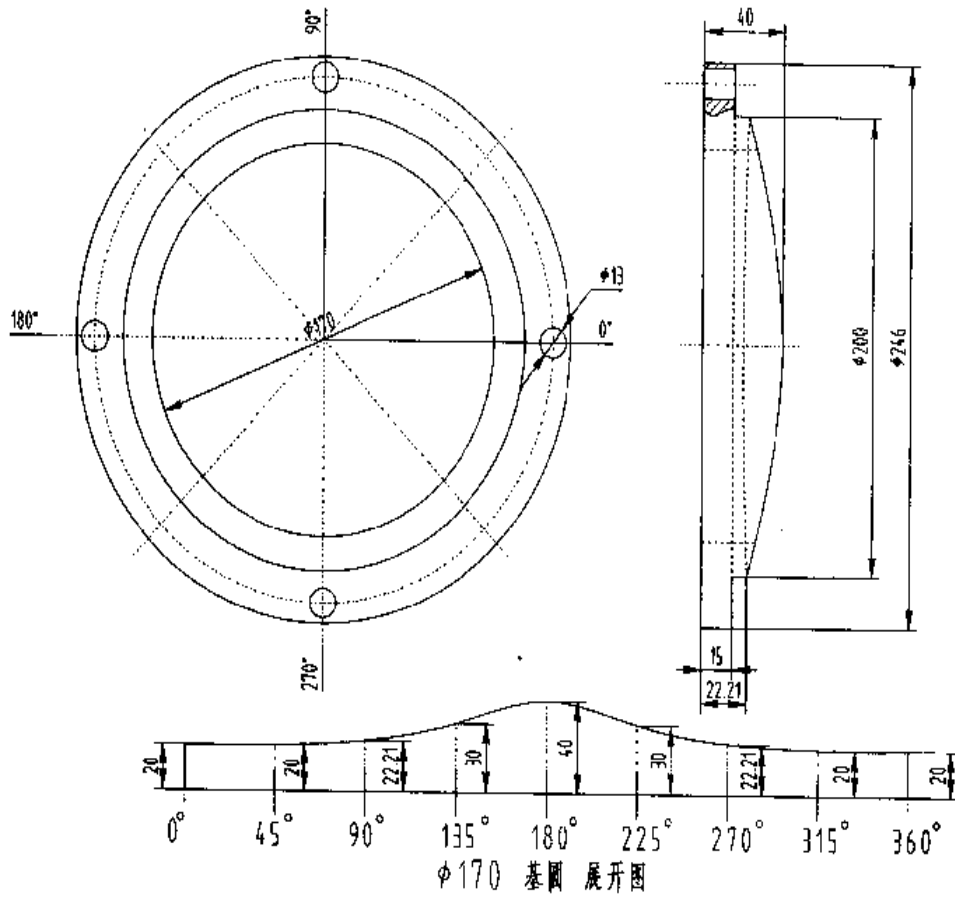


图 2-169

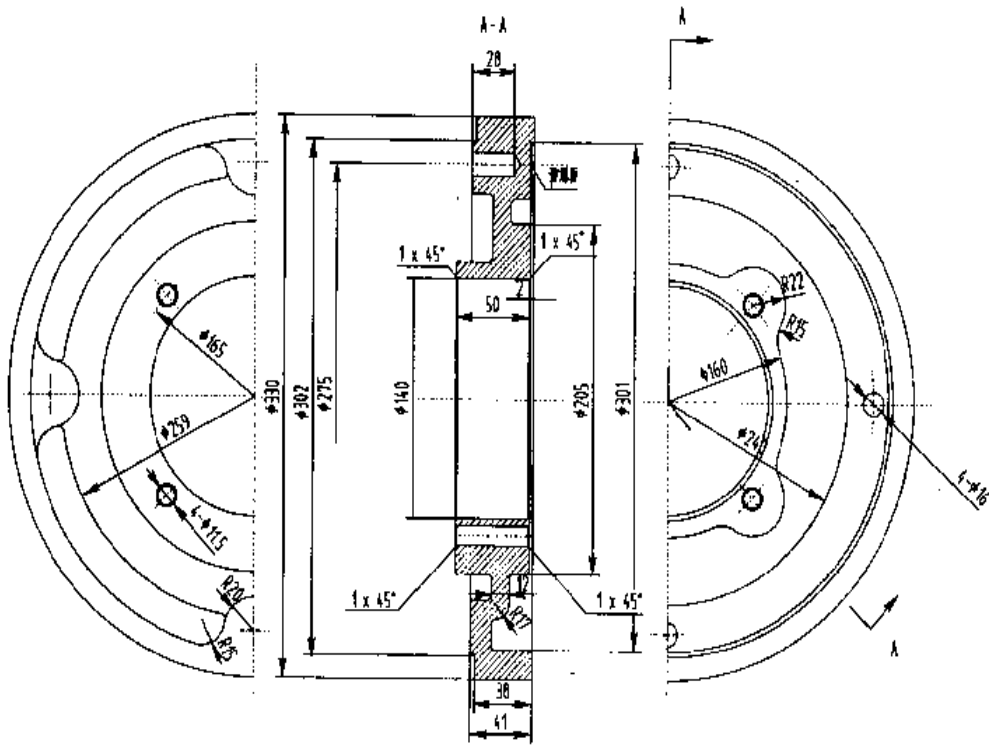


图 2-170



## 16. 鼠标造型

作如图 2-173 的鼠标外形造型。已知二维图及尺寸如图 2-174。

样条型值点：

坐标
X, Y, Z
-70, 0, 20
-40, 0, 25
-20, 0, 30
30, 0, 15

圆弧在平行于 YZ 平面内, 圆心:  $(30, 0, -95)$ , 半径  $R=110$

要求圆弧沿样条平行导动。

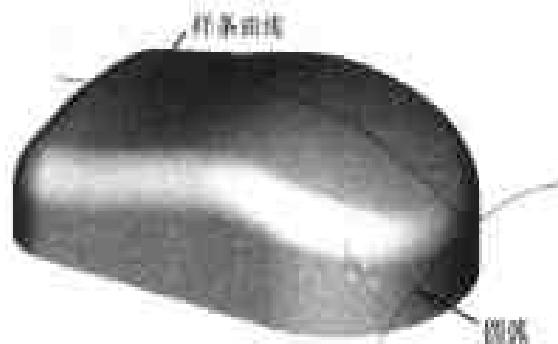


图 2-173

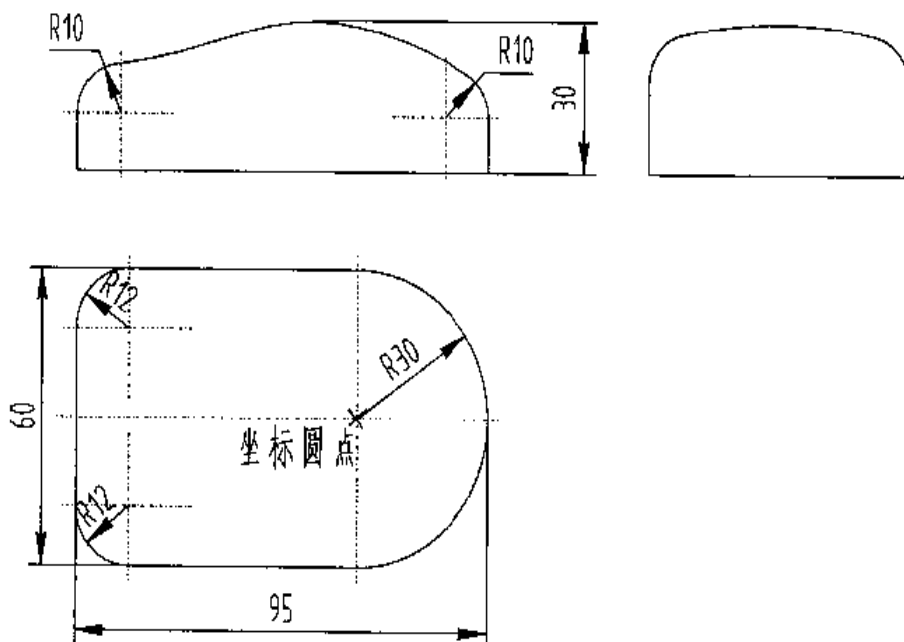
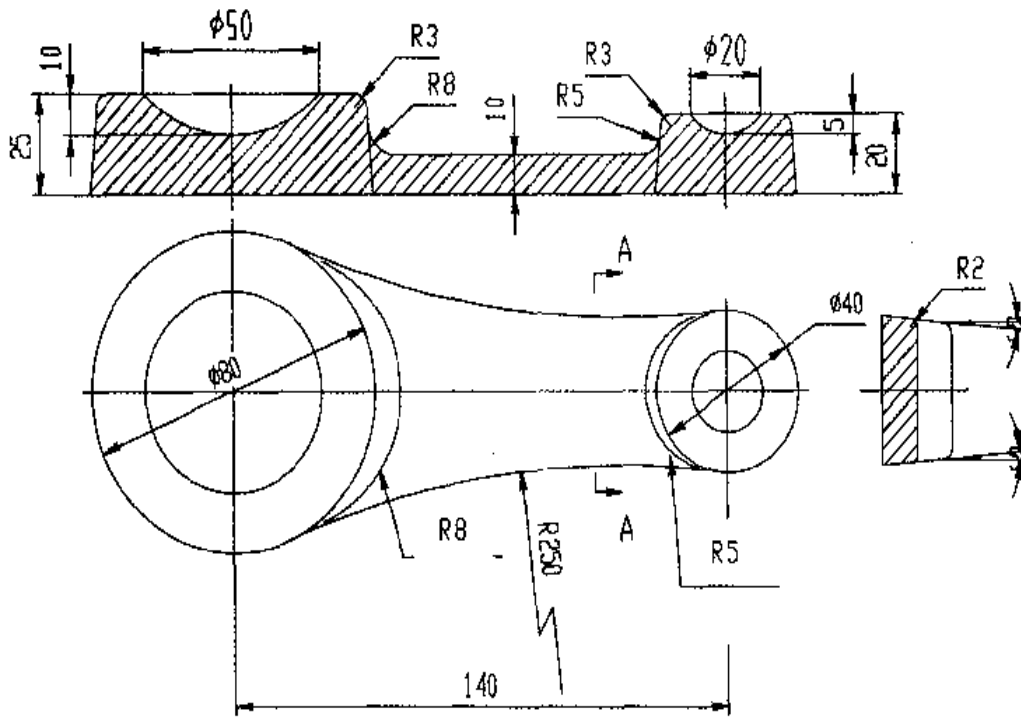


图 2-174

17. 连杆造型

作如图 2-175 的连杆造型。



所有出模斜度均为5度

图 2-175

## 第3章 CAXA—CAM(上)——普通数控铣削加工

本章将以普通数控铣削加工为例,详细介绍 CAXA—CAM 的具体内容和特点。

### 3.1 数控铣加工基础

#### 3.1.1 数控铣机床

数控就是以数字形式的指令操纵机床。数控机床用软件的零件程序代替了普通机床中大量的凸轮、挡块、限位开关等硬件。编制零件的程序比制造大量的硬件容易得多。

数控机床分为普通数控机床(NC)和计算机数控机床(CNC)。现代的数控机床多是 CNC 机床,如图 3-1。



图 3-1

1. 数控机床的大致组成如图 3-2 所示。

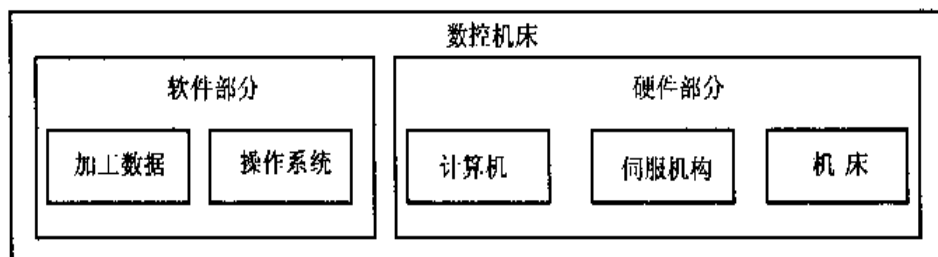


图 3-2

2. 数控机床的基本生产过程如图 3-3 所示。

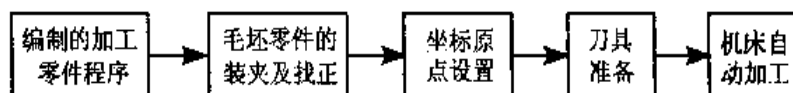


图 3-3

3. 数控机床的特点

- 加工精度高；
- 可加工普通机床无法加工的复杂形状的零件；
- 提高生产效率；
- 减轻工作强度，改善工作环境；
- 易于管理。

### 3.1.2 控制系统

控制系统接受编制的加工程序，经过处理、计算后去控制机床动作。

控制动作包括：主轴的启停、转向、速度选择、进给坐标、进给方式（直线、圆弧等）、进给速度、刀具及刀具补偿、辅助操作（机台锁紧/松开、冷却泵等开闭）等。

控制系统一般由控制系统软件和计算机组成。早期的控制系统采用专用芯片，现代的控制系系统大多采用通用计算机芯片，如 Inter 386/486/586 等。甚至其软件部分也在流行的微机平台上开发，如 FIDIA 的 M2 系统就是完全在 Windows 系统上开发的。

控制系统包括固定的控制软件、计算机主机、显示器、NC 面板、通信接口。现代的控制系系统都具有一定的编程能力，甚至还有加工图形仿真能力。

当前国内可见到的控制系统有：FANUC、SIEMENS、Mitsubishi、FIDIA、CINCINNATI、DECKEL、Heidenhain、ALLEN-BRADLEY、FAGOR、Num、OKUMA 等。

以下简要介绍两种常见控制系统。

#### 1. FANUC 系统

该系统最早由日本富士通 FANUC 公司和德国西门子公司联合设计。1976 年 7M 系统



研制成功,后由 FANUC 公司独立发展为各种型号。FANUC 系列是目前国内使用最广的数控系统。

国内常见的 FANUC 系统型号为: FANUC7、FANUC6、FANUC10、FANUC11、FANUC12、FANUC15、FANUC16、FANUC 0M、FANUC18。目前最新的系统是 FANUC18(2001 年)。

FANUC 0M 系统是国内目前各机床生产厂家采用较多的版本。它有许多不同版本。FANUC 提供的原始 FANUC 0M 系统带有 DNC 功能。机床厂家可根据需求自行编写 PLC 程序,以决定向用户开放那些功能。其中 FANUC 0M-C 系统是 FANUC 专为向中国出口设计的版本,早期的 FANUC 0M-C 都不具有 DNC 功能。在 98 年 6 月以后增加了此功能。FANUC 0M-E 系统为面向东亚地区的,一般不带 DNC 功能。

## 2. SIEMENS(西门子)系统

西门子系统为德国生产的数控系统。CNC 机床系统为 SINUMERIK 系列,它包括:802S/D/C、810D、840D/C 等。其中 802S/D/C 为经济型数控系统,在国内应用非常广泛。比较典型的是 SINUMERIK802S/D。SINUMERIK802S 是采用步进电机系统的经济型 CNC 机床系统。

SINUMERIK 802D 是采用具有免维护性能的核心部件/控制面板单元(PCU)。具有 CNC、PLC、人机界面和通讯等功能,集成的 PC 硬件可使用户非常容易地将控制系统安装在机床上。SINUMERIK 802D 可控制 4 个数字进给轴和 1 个主轴。主轴完全通过 PCU 控制,既有数字接口,也可通过模拟接口控制。使用 Profibus 可非常简捷地将伺服和 I/O 模块等系统各部件直接相连。模块化的驱动装置 SIMODRIVE 611 universal E 可使数控车床或数控铣床的需要配置各种驱动和电机。强大的 Windows 工具只需点动鼠标就可非常轻松地设置驱动参数。SINUMERIK 802D 具有功能强大的 PLC-SIMATIC S7-200,其编程工具可运行在任何 PC 机上,其诊断功能也非常完善。梯形图编程和经典的 PLC 程序举例可非常方便地应用于机床控制。

### 3.1.3 机床坐标系

机床坐标系包含机床坐标和工作坐标。

机床坐标是数控加工中系统中的绝对坐标(Machine Coordinate)。不同的控制系统其机床坐标原点位置不同。一般为右上角,如图 3-4。机床坐标在加工过程中作为其他坐标的参照坐标。数控机床在停机后,由于温度、震动等原因,机床导轨等会发生一定位移。所以数控机床再启动后,应当先校正机床的坐标原点,以保证坐标正确。

工作坐标为设置在被加工零件上的坐标系,它建立在机床坐标之下,可以有任意多个。

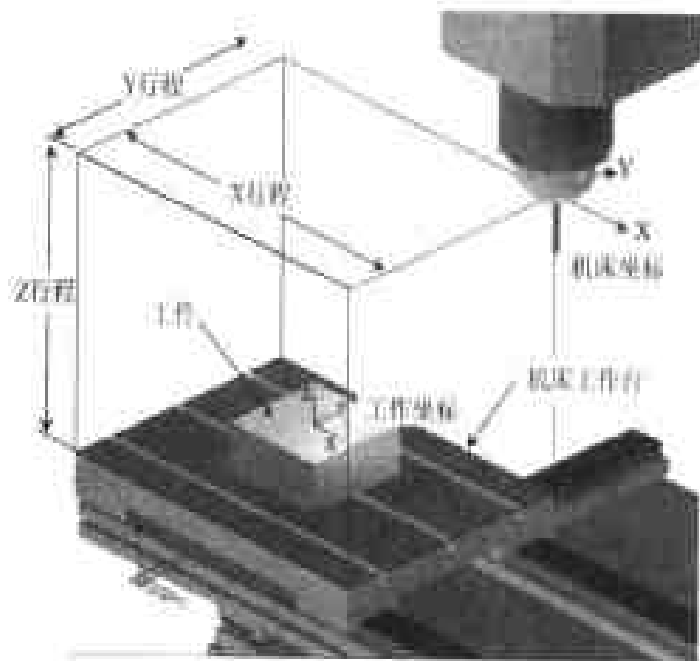


图 3-4

### 3.1.4 数控加工工艺

#### 1. 铣削基本概念

铣削是由多齿刀具(铣刀)作连续旋转运动,工件相对与刀具作连续平移运动,在铣床上切削加工的方法。

#### 2. 铣削用的刀具

(1) 圆柱铣刀(主要用于铣削平面。)

直齿圆柱铣刀、螺旋齿圆柱铣刀(左旋、右旋)

有外径:50~100,长度:50~160,齿数:6~14 个等多种常见规格。

(2) 立铣刀(铣削平面、台面、沟槽、曲面等)

端面立铣刀、球面立铣刀。这是数控铣中最常用的两种铣刀,如图 3-5。

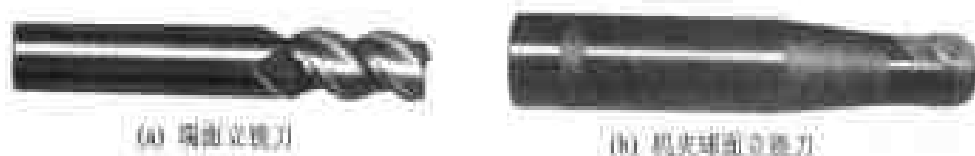


图 3-5

有锥柄和直柄之分,小径刀具多为直柄,大径刀具多为锥柄,但特大刀具也有直柄的。欧洲国家多用直柄,我国和俄罗斯等国家用锥柄较多。

有外径:2~300,长度:20~500,齿数:2~14 个等多种常见规格。

(3) 盘铣刀(加工沟槽、小平面台面等)

分单面刃盘铣刀、双面刃盘铣刀、三面刃盘铣刀、错齿三面刃盘铣刀。

有直径 63、80、100~315, 宽度 4、5、~40 等多种常见规格。

(4) 角度铣刀(加工各种角度沟槽)

分单角铣刀和双角铣刀。

有角度从 18 度到 100 度等多种常见规格。

(5) 键槽铣刀(加工键槽用)

一种为 N9 配合键槽, 一种为 D10 配合键槽铣刀。

普通键槽铣刀只有两个齿(在柱面和端面上都有齿, 其强度比立铣刀大, 可延轴向进给)。

T 型槽铣刀(加工 T 形槽)多齿。半圆形键槽铣刀(加工半圆键槽, 多用于卧式)多齿。

(6) 切断铣刀(用于开槽和切断)

(7) 成形铣刀(加工特形面)

凹圆弧的、凸圆弧的、齿轮盘、特种成形面的。

### 3. 铣刀的几何形状

● 铣刀的几何部分包括: 刀刃、刀尖、前刀面、后刀面。

● 铣刀的几何参数包括:

- ▶ 螺旋角(旋刃切线与刀主轴线夹角);
- ▶ 主前角(主剖面内基面和前刀面的夹角);
- ▶ 主后角(主剖面内基面和后刀面的夹角);
- ▶ 法前角(法剖面内基面和前刀面的夹角);
- ▶ 法后角(法剖面内基面和后刀面的夹角)。

### 4. 可用于铣削加工的几何形状

(1) 普通铣削加工形状

平面、台面、斜面、矩形槽、丁型槽、燕尾槽、半圆形键槽、各种成型槽、齿槽、锯断等, 可归为平面和槽两大类。

(2) 数控铣削加工形状

平面、槽、曲面、钻孔、铰孔、镗孔、铣孔等, 含盖所有普通铣并大大扩展。

### 5. 主要铣削要素

(1) 主轴转速:  $n/(r \cdot \min^{-1})$

(2) 铣削速度:  $v/(m \cdot \min^{-1})$

铣刀旋转运动的线速度, 又称: “线速度”。 $v = \pi dn/1000$  ( $d/\text{mm}$  为铣刀直径)

(3) 每齿进给量:  $a/\text{mm}$

相当于每齿切深。

(4) 每转进给量:  $f/\text{mm}$

铣刀每转一周, 铣刀相对工件的进给量。

$$f = az \quad (z \text{ 为铣刀齿数})$$

(5) 进给速度:  $V/\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

铣刀相对工作台每分钟进给量。

$$V = axn = fn$$

进给速度即是 CAXA—ME 中的走刀速度。

(6) 切削层深度:  $h/\text{mm}$

一次走刀切削厚度。

(7) 影响切削要素的综合因素

- 机床: 机床刚性、最大转速、进给速度等;
- 刀具: 刀具长度、刃长、刀具刃口、刀具材料、刀具齿数、刀具直径等;
- 工件: 材质、热处理性能等;
- 装夹方式(工件紧固程度): 压板、台钳等;
- 冷却情况: 油冷、气冷等。

## 6. 零件装夹与找正

零件装夹即将被加工零件固定到机床的工作台上, 使其在加工过程中与工作台之间不发生位移。

在装夹过程中, 使被加工零件用于基准的方向与数控机床的基准方向建立联系的过程即找正。一般先找一个方向, 如 X 方向或 Y 方向。

数控机床加工中, 零件的装夹找正很重要。首先零件必须装夹可靠, 决不允许加工过程中零件由于装夹不紧而松动。如果零件松动, 轻者工件报废、严重的可能发生伤害事故。

找正常用方法: 零件装夹在机床工作台上, 注意放置方向应当与加工时工作坐标方向相符; 在机床的主轴上安一个千分表, 表的触指顶上被加工零件的一个边, 如 X 轴方向的某边; 沿 X 向摇动手轮, 看千分表指针摆动情况; 如果摆动范围在误差允许内, 说明零件的 X 轴与机床的 X 轴基本一致; 反之, 需要调整零件, 直到千分表摆动在允许误差范围内。

## 7. 数控顺逆铣加工方式

### (1) 顺 铣

铣刀旋转方向与工件进给方向一致, 如图 3-6(a)。

### (2) 逆 铣

铣刀旋向与工件进给方向相反, 如图 3-6(b)。逆铣切削不平稳, 加工面粗糙。

### (3) 顺逆铣的选择

- 普通铣床:

普通铣床当切削量大时, 工作台带动丝杠向进给方向窜动, 使丝杠与螺母在传动面一侧出

现间隙,造成工作台颤动和进给不匀。严重时还会出现扎刀、崩刃现象。所以普通铣床粗铣时多采用逆铣。

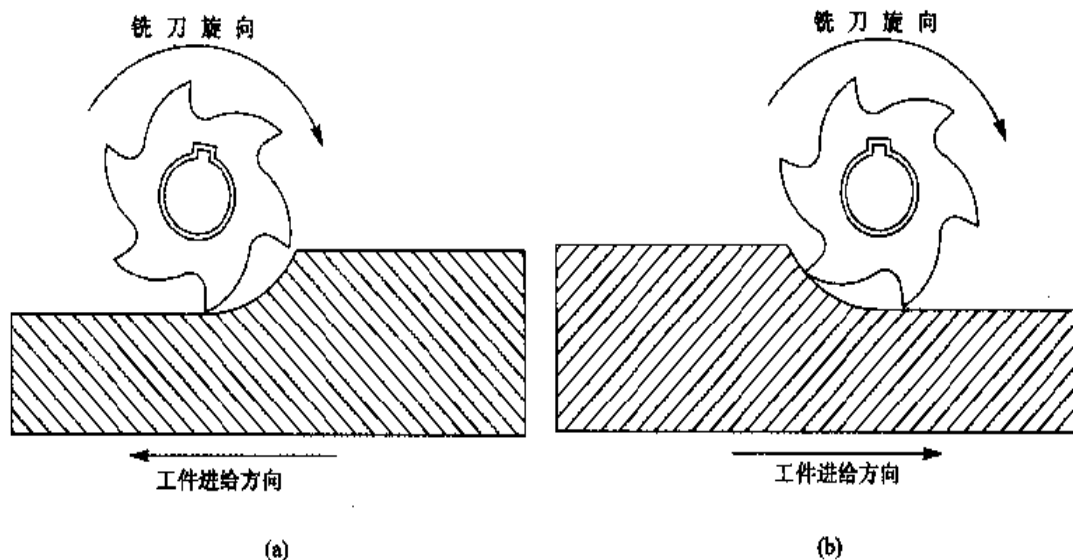


图 3-6

#### ● 数控铣床:

数控铣床的丝杠与螺母间消除了间隙。为提高加工质量、增加切削稳定性,数控加工中多采用顺铣。

#### (4) 顺逆铣对加工参数的影响

数控加工机床上,顺铣时,加工平稳,加工参数可比逆铣时提高很多。尤其在材质较硬、加工量大时。

#### (5) 数控铣床上顺逆铣削的简易判断法

由于刀具旋向为右旋,所以对凸型,顺时针走刀方向为顺铣;对凹型,逆时针走刀方向为顺铣。

### 8. 对称和不对称切削

数控加工中尽量使用对称切削方式,如图 3-7。这样刀具受力较均匀,切削比较平稳。

### 9. 单向和往复切削

单向和往复需视具体情况而定。原则是:保证在图纸允许的加工质量前提下,最大缩短加工时间。

对于钢材的切削,当走刀单程路径较短、抬刀时间相对长时,采用往复走刀可省时;如单程较长,对加工表面质量要求较高时,采用单向走刀会省时(快速回刀速度很快)。两种切削的刀具轨迹如图 3-8。

对应以上 3.1.4 小节内容,请参考:《金属切削工艺学》(中国铁道出版社)、《机械制造工艺学》(机械工业出版社)、《金属切削原理与刀具》(机械工业出版社)等。

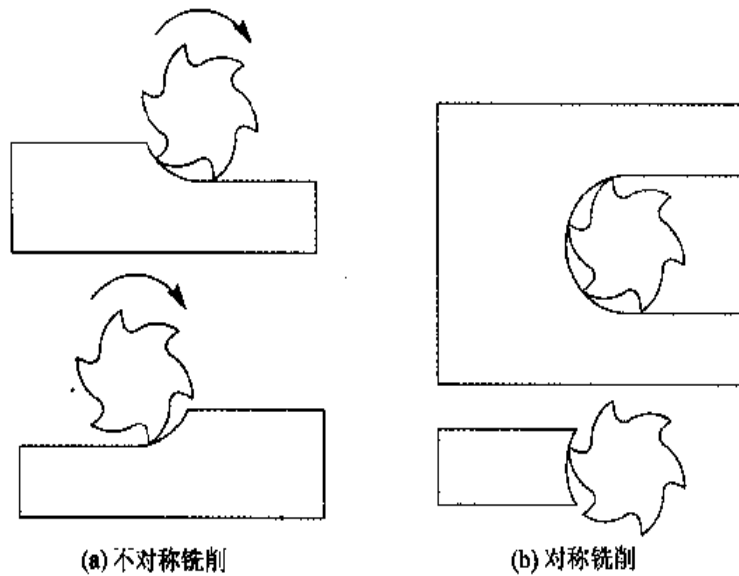


图 3-7

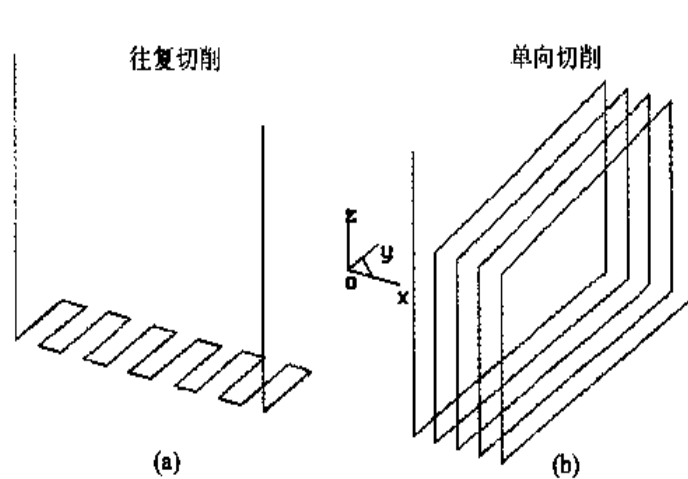


图 3-8

### 3.1.5 数控加工编程基础

数控机床加工是按照事先编制好的程序运行的。组成这些程序的代码格式目前有两种：ISO 格式和 EIA 格式。目前大多数系统使用国际通用的 ISO 格式。机床的控制系统大多提供了一定的编程能力，如具有循环调用、函数、条件判断功能。这些功能有些是直接使用国际通用的 G 代码编程，有些则需要使用系统提供的专用语言编程。

国际通用的 G 代码具体包括 G 指令和 M 指令等。不同控制系统的指令含义多少有些出入，但是基本的“直线”、“圆弧”、“速度”、“进给”等指令是通用的。

早期的加工编程方式一般为手工编程方式，即人为在纸上计算好程序，然后手工在机床控

制面板上一个字符一个字符地输入编好的加工指令。

### 1. 通用加工代码

(1) G 指令, 参见表 3-1:

表 3-1

快速移动	<G00>	绝对指令	<G90>	半径补偿关闭	<G40>
直线插补	<G01>	相对指令	<G91>	长度补偿	<G43>
顺圆插补	<G02>	半径左补偿	<G41>	坐标设定	<G54>
逆圆插补	<G03>	半径右补偿	<G42>	坐标设定	<G55>等*

\* 有些数控铣床没有 G55、G56、G57 等坐标设置。

(2) M 指令参见表 3-2:

表 3-2

主轴正转	<M03>	主轴停止	<M05>	冷却液关	<M08>或<M09>
主轴反转	<M04>	程序停止	<M30>	冷却液开	<M07>

(3) 其他指令, 参见表 3-3:

表 3-3

进给速度	<F>	主轴转速度	<S>	刀具调用	<T>
------	-----	-------	-----	------	-----

### 2. 一个程序应有的指令

在正常走刀加工前, 还需要定义一些辅助项。首先要确定编程是按绝对坐标编程还是按相对坐标编程。在机床的控制系统允许的情况下, 手工编程经常使用混合方式。

(1) 绝对坐标与相对坐标编程指令

代码 G90 为绝对坐标编程方式指令, G91 为相对坐标编程方式指令。绝对坐标编程, 是将程序中的所有需要表达的点的坐标, 按工作坐标系的坐标表示的编程方式。相对坐标编程, 是将程序中的所有点的坐标, 都以前一点为坐标原点来表示的编程方式。

(2) 工作坐标系指令

代码 G54 为最通用的工作坐标系指令。对于大多数机床还可以设置多个工作坐标系如 G55、G56、G57 等。工作坐标具体内容参见 3.1.3 节。

(3) 刀具调用指令

对于加工中心来说, 机床具有刀具库。在程序中可以指定使用刀具库中的第几号刀具。一般用 T 指令作为刀具调用指令。在“T”后跟随一个数字, 代表调用刀具库中的第几号刀。如: “T03”代表调用刀具库中的第 3 号刀具。有些机床在刀具调用前还必须让主轴运行到某一特定换刀位置上, 然后才可以调用刀具。有些机床的 T 指令则包含了前面的功能, 主轴可以在任意位置执行 T 指令。

对于 FANUC 系统的换刀指令如下:

- 先将主轴抬至安全位置——G00Z(起始高度)
- 关闭主轴旋转——M05
- 设置要调用的刀具并设置刀具补偿——T(刀具号)G43H(刀具补偿号)
- 执行刀具调用——M06

(4) 对于一个标准程序步骤如表 3-4 所列。

表 3-4

步骤	内容	代码	宏指令
1	坐标方式	G90 或 G91	\$ G90
2	坐标系选择	G54、G55、G56 等	\$ WCOORD
3	刀具调用	T	T \$ TOOL_NO
4	刀具补偿调用	G43H01 等	\$ LCMP_LEN \$ TOOL_NO
5	快速定位到起止高度	G00Z	\$ G0 \$ COORD_Z
6	主轴转速	S	\$ SP_SPEED
7	主轴开转	M03	\$ SP_CW
8	开冷却液或冷却气	G07	\$ COOL_ON
9	快速定位到下刀点上方	X、Y	(加工参数设置)系统自动给出
10	快速降至慢速下刀点	Z	(加工参数设置)系统自动给出
11	慢速进刀至走刀点	Z、F	(加工参数设置)系统自动给出
12	正常走刀	X、Y、Z、F	(加工参数设置)系统自动给出
13	快速抬刀至安全高度	Z、F	(加工参数设置)系统自动给出
14	关闭冷却液或气	G08 或 G09	\$ COOL_OFF
15	主轴停转	M05	\$ SPN_OFF
16	换刀	T	T \$ TOOL_NO
17	重复步骤 4~15		
18	快速回到起始点	G00X、Y、Z	(加工参数设置)系统自动给出
19	程序结束	M30	\$ PRO_STOP

(5) 简单的矩形加工程序, 参见表 3-5:

表 3-5

程序	说明	俯视图形
G54G90	调用坐标 G54, 按绝对坐标加工	(0,100) (100,100)
G43H01G00Z300.000	调用刀具补偿 H01 后快速移动到 Z300	
X0.000, Y0.000	快速移动到 X0, Y0 位置	
Z50.000	快速移动到 Z50	
S800M03	设置主轴转速 800 后开始转动	
G01Z0.000F100	以 F100 速度直线走刀至 Z0	
X100.000F500	以 F500 速度直线走刀至 X100	
Y100.000	以 F500 速度直线走刀至 Y100	
X0.000	以 F500 速度直线走刀至 X0	
Y0.000	以 F500 速度直线走刀至 Y0	
Z300.000F4000	以 F4000 速度快速抬刀至 Z300	
M05M30	主轴停止程序结束	(0,0) (100,0)



### 3. CAXA 系统后置宏指令

CAXA 制造工程师系统为满足各种机床控制系统的需要,提供了很多宏指令,参见表 3-6。可以根据机床的不同需求,由用户修改程序的头、尾、换刀等输出代码格式。

表 3-6

指令说明	指令代码
当前程序刀具号	TOOL_NO
补零位的当前程序刀具号	TOOL_NO1
下一个程序刀具号	NTOOL_NO
补零位下一个程序刀具号	NTOOL_NO1
当前刀具补偿值	COMP_NO
补零位当前刀具补偿值	COMP_NO1
下一个程序刀具补偿值	NCOMP_NO
补零位下一个程序刀具补偿值	NCOMP_NO1
主轴速度	SP_SPEED
当前 X 坐标值	COORD_X
当前 Y 坐标值	COORD_Y
当前 Z 坐标值	COORD_Z
当前后置文件名	POST_AME
当前日期	POST_DATE
当前时间	POST_TIME
当前程序号	POST_CODE
当前刀具信息	TOOL_MSG
当前加工参数信息	PARA_MSG
行号指令	LIE_O_ADD
行结束符	BLOCK_ED
速度指令	FEED
快速移动	G0
直线插补	G1
顺圆插补	G2
逆圆插补	G3
XY 平面定义	G17
XZ 平面定义	G18
YZ 平面定义	G19
绝对指令	G90
相对指令	G91
刀具半径补偿取消	DCMP_OFF

续表 3-6

指令说明	指令代码
刀具半径左补偿	DCMP_LFT
刀具半径右补偿	DCMP_RGH
刀具长度补偿	LCMP_LEN
坐标设置	WCOORD
主轴正转	SP_CW
主轴反转	SP_CCW
主轴停	SP_OFF
主轴转速	SP_F
冷却液开	COOL_ON
冷却液关	COOL_OFF
程序停止	PRO_STOP
换行指令	@

#### 4. 在 CAXA 中设置 FANUC 系统换刀、冷却液自动开关实例

CAXA 制造工程师支持各种机床系统的后置代码,其系统中内置了 FANUC 系统。但是,使用 FANUC 系统的机床种类繁多,不仅有数控铣床,还有各种带有刀具库的加工中心。为通用起见,内置的 FANUC 系统后置,并且没有将换刀指令和冷却液自动开关指令内置。同时允许用户根据自己的机床情况添加这些指令。

##### (1) 换刀指令

FANUC 系统完整的换刀指令代码实例:调用刀库中刀具号为 12 的刀具,调用刀具长度补偿号为 12 并执行该调用指令。上述过程指令为:“T12G43 H12M06”。

其中“T”为调用刀具指令;“12”为调用刀具的刀具号,该刀具号根据需要而不同;“G43”为调用刀具长度补偿指令;“H12”为调用刀具长度补偿号,根据库中刀具不同,其号码不同。

用 CAXA 的宏指令写出上述过程为:“T \$TOOL\_NO \$LCMP\_LEN H \$COMP\_NOM06”。

其中:“\$TOOL\_NO”为 CAXA“刀具号”宏指令;“\$LCMP\_LEN”为 CAXA 刀具“长度补偿”宏指令,即默认的“G43”;“\$COMP\_NO”为 CAXA 刀具“长度补偿号”宏指令。

某些机床在换刀前要求将主轴移动到换刀位置,这一般要使用机床系统的宏指令,如调用“G28”。这样,换刀语句可改为:“G28 @ T \$TOOL\_NO \$LCMP\_LEN H \$COMP\_NOM06”。

某些机床在换刀时要求准备下一个程序的刀具,换刀指令可写成:“T \$TOOL\_NO \$LCMP\_LEN H \$COMP\_NOM06T \$NTOOL\_NO \$LCMP\_LEN H \$NCOMP\_NO”。

某些机床的系统要求刀具号不足两位的必须补零,如“T02G43H02”,换刀指令可写成“T

\$ TOOL\_NO1 \$ LCMP\_LEN H \$ COMP\_NO1M06”

### (2) 冷却指令

如果在加工时,需要冷却液自动打开,在换刀前关闭,换刀结束后打开,程序结束时再关闭,则需要在相应位置加入“COOL\_ON”和“COOL\_OFF”。

### (3) 实例

要求:设置 CAXA 后置 FANUC 项,将后置修改成具有在调用程序时自动换刀,并自动进行冷却液开关的功能。

打开 CAXA 制造工程师顶部菜单“应用”项下“后置处理”中“后置设置”对话框,如图 3-9。

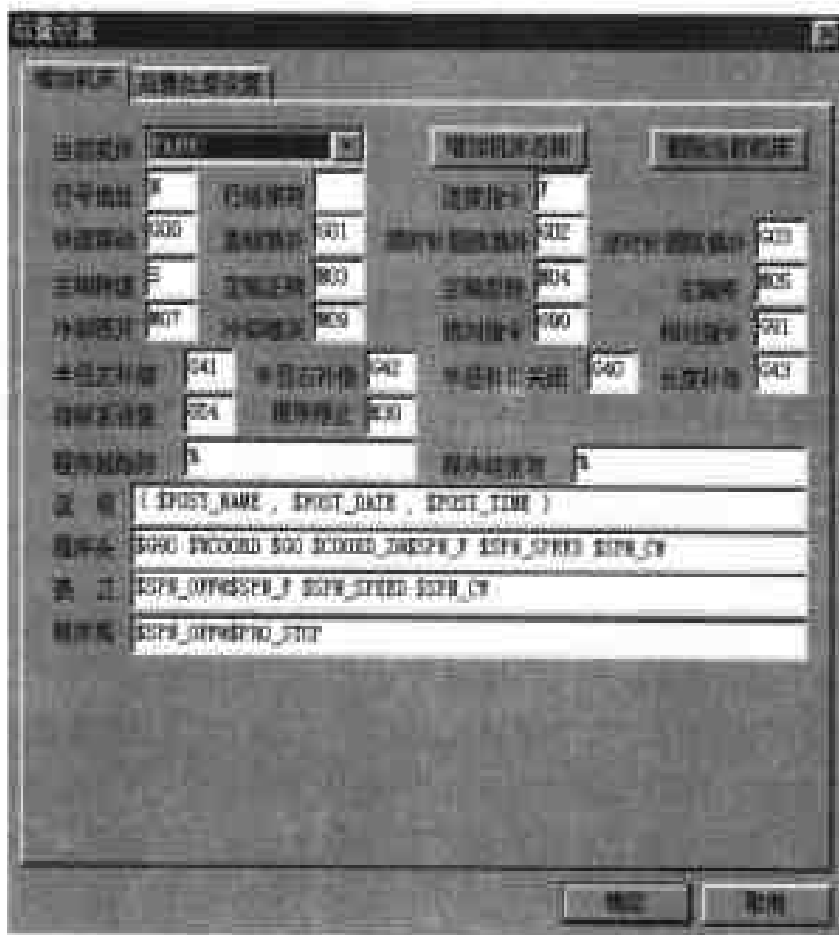


图 3-9

- 修改程序头“\$ G90 \$ WCOORD \$ G0 \$ COORD\_Z@ \$ SPN\_F \$ SPN\_SPEED \$ SPN\_CW”语句,在其中插入换刀指令并在结尾部加上冷却液打开宏指令,修改后程序头为:

“\$ G90 \$ WCOORD@T \$ TOOL\_NO \$ LCMP\_LENH \$ COMP\_NOM06@ \$ G0 \$ COORD\_Z@ \$ SPN\_F \$ SPN\_SPEED \$ SPN\_CW \$ COOL\_ON”。

- 修改换刀“\$ SPN\_OFF@ \$ SPN\_F \$ SPN\_SPEED \$ SPN\_CW”语句,在其中插入换刀和冷却液开关,修改后为“\$ COOL\_OFF \$ SPN\_OFF@T \$ TOOL\_NO \$ LCMP\_LEN H

\$COMP\_NOM06@\$SPN\_F \$SPN\_SPEED \$SPN\_CW \$COOL\_ON”。

● 修改程序尾“\$SPN\_OFF@\$PRO\_STOP”语句,在其中加入冷却液关闭指令,修改后指令如下:“\$COOL\_OFF \$SPN\_OFF@\$SPRO\_STOP”。

注意:如果按照有些用户的习惯,第一段程序使用的刀具,每次都已经事先在主轴上安装好了,那么程序头中应当去掉换刀指令,只保留冷却液开项。改为如下:

“\$G90 \$WCOORD @\$G0 \$COORD\_Z @\$SPN\_F \$SPN\_SPEED \$SPN\_CW \$COOL\_ON”。

### 3.1.6 现代数控加工编程技术介绍

现代数控加工编程已经由早期的图形 CAD/CAM 编程发展到今天的三维造型及三维数控编程。三维造型技术日益成熟,以线框、曲面、实体相结合的造型是现代造型方式的特点。加工由局部单曲面发展到多曲面整体加工,以及基于留量的智能加工(根据上一次加工的余量确定当前加工轨迹的算法)。

#### 1. 基于留量的加工

基于留量的加工方法如图 3-10 所示。

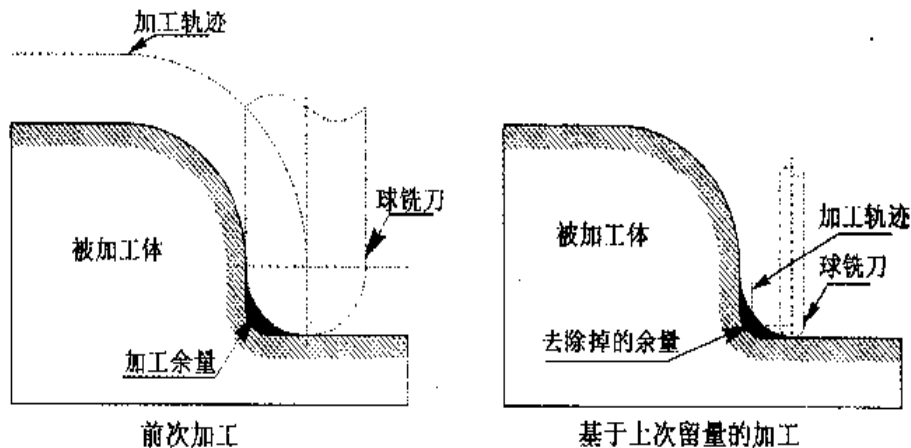


图 3-10

#### 2. 海量加工

用于具有高速切削能力机床的一种加工方法。将被加工体所有表面做整体处理,用等高面于被加工体和毛坯求交,形成带岛屿的封闭轮廓,加工轨迹等高面内按带岛屿的封闭轮廓生成二维轨迹。每层轨迹间距很小,加工数据量很大,如图 3-11。

海量加工的优点是:采用端铣刀切削复杂型面,切削效率比球型铣刀高(刀具每层切削深度非常小,端铣刀加工时深度方向进刀没有顶刀现象)。刀具加工进给速度可以很快,加工后工件表面的阶梯痕小,余量均匀。海量加工的缺点是:对计算机 CPU 浮点运算速度要求较高。

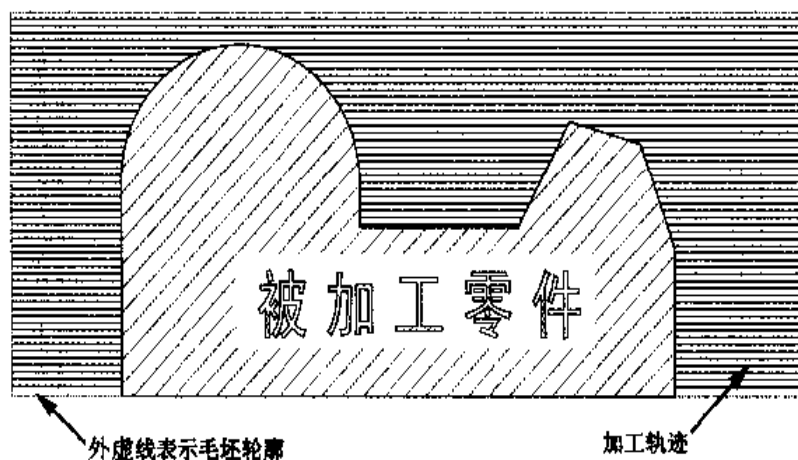


图 3-11

## 3.2 CAXA—ME 入门

### 3.2.1 基本概念

#### 1. 软件坐标与机床工作坐标

CAXA 软件中提供了两种坐标系:绝对坐标和用户定义坐标。数控机床的坐标也有机床绝对坐标的工作坐标(用户定义坐标)两种。CAXA 软件中的绝对坐标和机床的绝对坐标都属于原始参照坐标。但是在机床的数控编程中,使用的坐标只能是机床工作坐标。CAXA 软件造型过程中,允许交替使用软件的绝对坐标和用户定义坐标。软件在输出机床代码时,一般根据软件当前使用的坐标输出代码。

#### 2. 两轴平面加工

机床坐标系的 X 和 Y 轴两轴联动,而 Z 轴固定,即机床在同一高度对工件进行切削。两轴加工适合于铣削平面图形。

在 CAXA—ME 中,机床坐标系的 Z 轴即是绝对坐标系的 Z 轴,平面图形均指投影到绝对坐标系的 XY 面的图形。

#### 3. 两轴半平面加工

两轴半加工在两轴的基础上增加了 Z 轴的移动,当机床坐标系的 X 和 Y 轴固定时,Z 轴可以有上下的移动。

利用两轴半加工可以实现分层加工,每层在同一高度(指 Z 向高度)进行两轴加工,层间有 Z 向的移动。CAXA—ME 的平面轮廓和平面区域加工功能均针对两轴半加工来设置。

#### 4. 三轴曲面加工

机床坐标系的 X、Y 和 Z 三轴联动。

三轴加工适合于进行各种非平面图形即一般的曲面的加工。CAXA 制造工程师提供多达 7 种的加工方式来实现对各种复杂曲面的自动编程。

### 5. 轮廓

轮廓是一系列首尾相接曲线的集合,如图 3-12。

在进行数控编程交互指定待加工图形时,常常需要用户指定图形的轮廓,用来界定被加工的区域或被加工的图形本身。如果轮廓是用来界定被加工区域的,则要求指定的轮廓是闭合的;如果加工的是轮廓本身,则轮廓可以不闭合。

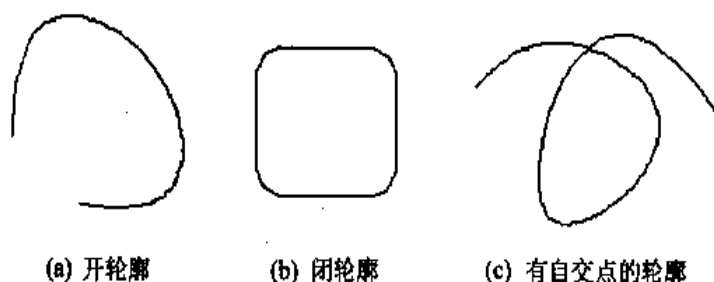


图 3-12

由于 CAXA—ME 对轮廓作到当前坐标系的当前平面投影,所以组成轮廓的曲线可以是空间曲线。但要求指定的轮廓不应有自交点。

### 6. 区域和岛

区域指由一个闭合轮廓围成的内部空间,其内部可以有“岛”。岛也是由闭合轮廓界定的。

区域指外轮廓和岛之间的部分。由外轮廓和岛共同指定待加工的区域,外轮廓用来界定加工区域的外部边界,岛用来屏蔽其内部不需加工或需保护的部分,如图 3-13。

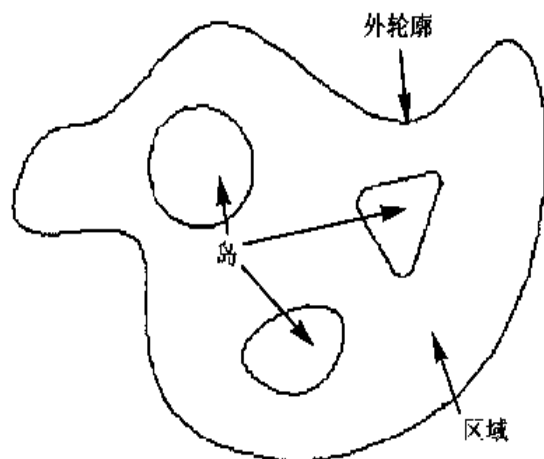


图 3-13

## 7. 刀具、刀具库

### (1) 功能

定义、确定刀具的有关数据,以便于用户从刀具库中调用信息和对刀具库进行维护。此功能位于应用菜单中的轨迹生成菜单中,点按刀具库管理,出现如图 3-14 对话框。

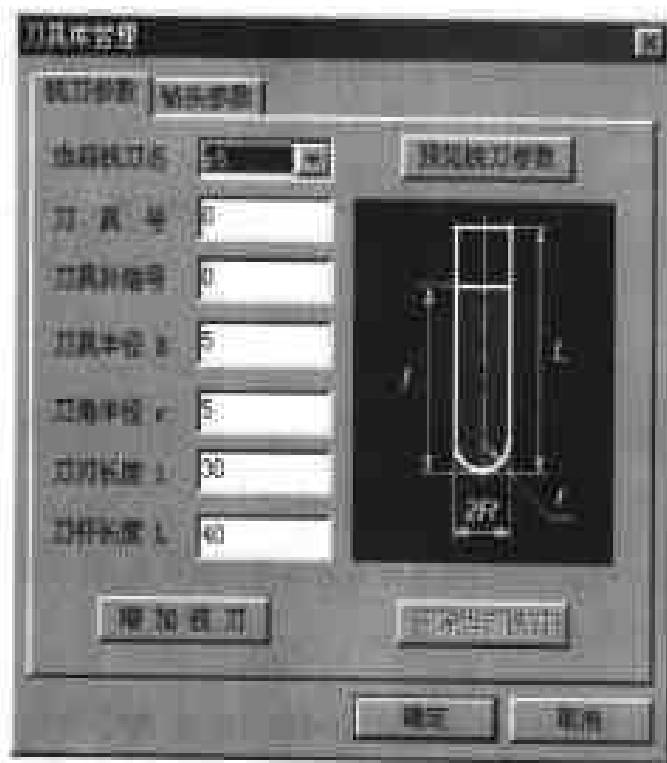


图 3-14

### (2) 概念说明

CAXA—ME 主要针对数控铣加工,目前提供三种铣刀:球刀( $r=R$ )、端刀( $r=0$ )和 R 刀( $r<R$ ),其中  $R$  为刀具的半径、 $r$  为刀角半径,如图 3-15。刀具参数中还有刀杆长度  $L$  和刀刃长度  $l$ ,如图 3-15 所示。

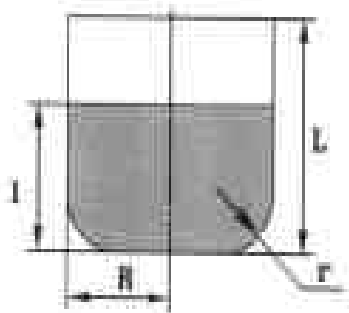


图 3-15

在三轴加工中,端刀和球刀的加工效果有明显区别,当曲面形状复杂有起伏时,建议使用球刀,适当调整加工参数可以达到好的加工效果。在两轴加工中,为提高效率建议使用端刀,因为相同的参数,球刀会留下较大的残留高度。选择刀刃长度和刀杆长度时要考虑机床的情况及零件的尺寸是否会干涉。

对于刀具,还应区分刀尖和刀心,两者均是刀具的对称轴上的点,其间差一个刀角半径,如图 3-16。

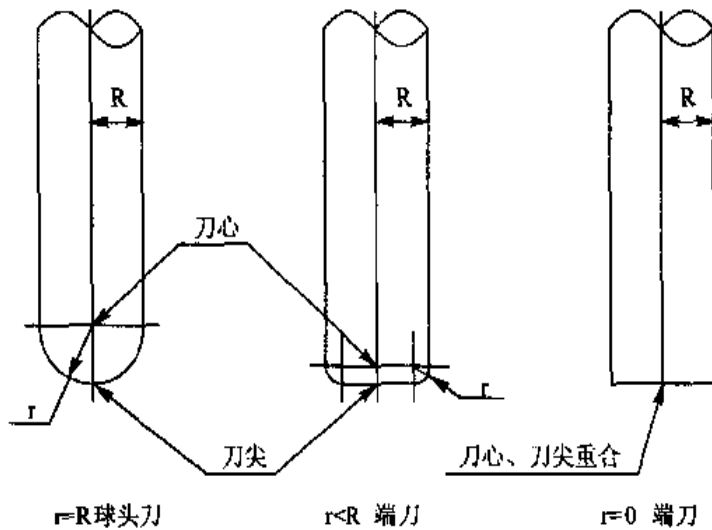


图 3-16

### (3) 参数说明

- 当前刀具名: 当前刀具的名称, 用于刀具标识和列表, 刀具名是唯一的。通过下拉列表可显示刀具库中的所有刀具, 并可在列表中选择当前刀具。

- 刀具号: 刀具的系列号, 用于后置处理的自动换刀指令。刀具号唯一, 对应机床刀具库。

- 刀具补偿号: 刀具补偿值的序列号, 其值可与刀具号不一致。

- 刀具半径: 刀具的半径。

- 刀角半径: 刀具的刀角半径, 应不大于刀具半径。

- 刀刃有效长度: 刀具的刀杆可用于切削部分的长度。

- 刀杆长度: 刀尖到刀柄之间的距离。刀杆长度应大于刀刃有效长度。

### (4) 刀具库管理具有如下功能:

- 增加刀具: 用于增加刀具到刀具库中。按“增加刀具”按钮弹出对话框, 输入增加刀具的名称, 确定后可修改刀具的各个参数。此功能可将常用刀具预先定义好。

- 删除当前刀具: 删除刀具库中不需要的刀具。选择需删除的刀具, 然后按“删除当前刀具”按钮, 确认删除后, 该刀具即被删除。注意: 删除当前刀具后, 当前刀具自动设为刀具库中的其他刀具, 当刀具库中只有一把刀具时, 不能删除该刀具。

- 预显刀具参数: 修改刀具参数后, 按“预显刀具参数”按钮可显示参数修改后刀具的形状。

### (5) 操作说明

用鼠标点按“当前刀具名”列表中的刀具, 则选中的刀具就成为当前刀具。各参数项内显示该刀具的参数, 同时预显框内可按比例显示刀具形状。此后生成的刀具轨迹, 其使用的刀具



就是当前刀具。

### 8. 刀具轨迹、刀位点

刀具轨迹是系统按给定工艺要求生成的对给定加工图形进行切削时刀具行进的路线,如下图所示。刀具轨迹由一系列有序的刀位点和连接这些刀位点的直线(直线插补)或圆弧(圆弧插补)组成。本系统的刀具轨迹是按刀尖位置来显示的,如图 3-17。

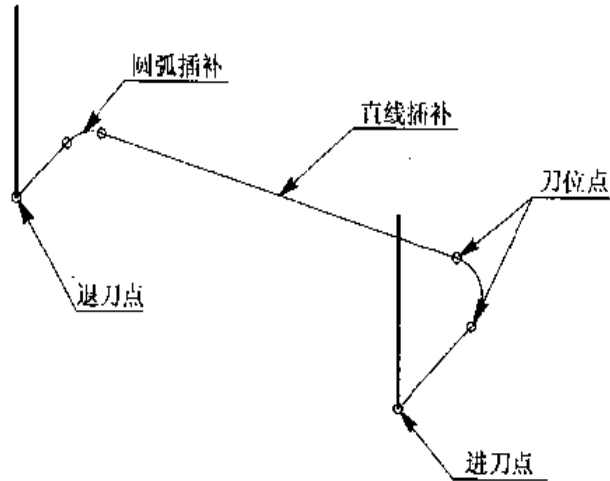


图 3-17

### 9. 切削用量

功能:定义各种速度及高度参数,参数设定对话框如图 3-18。

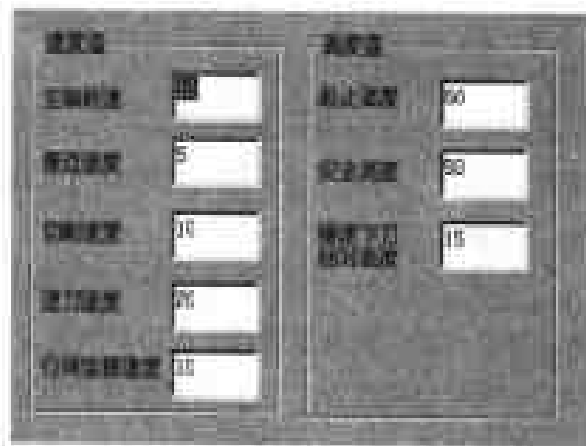


图 3-18

- 主轴转速:切削时机床主轴转动的速度,单位:转/分钟(r/min);
- 进给速度:正常切削时刀具行进的线速度,单位:毫米/分钟(mm/min);
- 接近速度:从慢速下刀高度切入工件前刀具行进的的速度;
- 退刀速度:刀具离开工件回到安全高度时刀具行进的的速度,在安全高度以上刀具行进的线速度取机床的 G00;

- 行间连接速度:用于有往复加工的加工方式中,避免在顺逆铣的变换过程中,机床的进给方向产生急剧变化对机床及工件的损坏。此速度一般小于进给速度;
- 起止高度:进退刀具的初始高度;
- 安全高度:为避免碰撞工件而设定的高度,应高于零件的最大高度;
- 慢速下刀相对高度:此值为相对值,每一层下刀,刀具以 G00 快速下刀到指定位置,然后以接近速度下刀到加工位置。

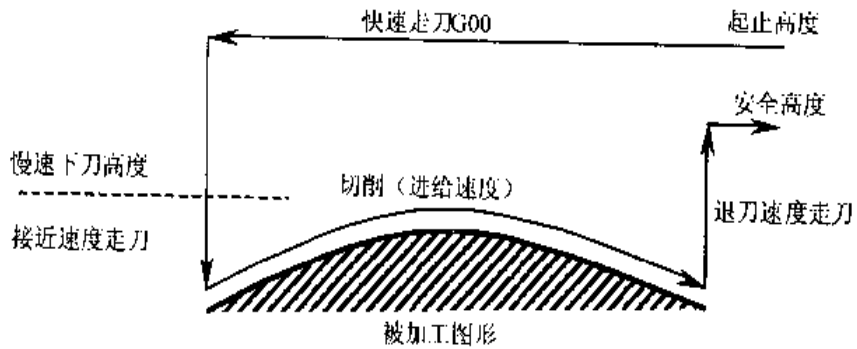


图 3-19

速度参数与加工的效率密切相关,而这些速度参数的给定一般依赖于用户的经验,原则上讲,它们与机床本身、工件的材料、刀具材料、工件加工精度和表面光洁度要求等相关。

### 10. 进退刀参数

功能:制定进退刀方式,避免刀的碰撞以得到好的接刀口质量,参数设定对话框如图 3-20。



图 3-20

### ● CAXA 制造工程师中进刀方式种类

➤ 垂直: 刀具在工件的第一个切削点处(此点由系统根据图形形状自动予以判断)直接进刀开始切削;

➤ 强制: 刀具从给定点向工件的第一个切削点进刀;

➤ 圆弧: 刀具按给定半径, 以  $1/4$  圆弧向工件的第一个切削点进刀, 转角即圆弧圆心角;

➤ 直线: 刀具按给定长度, 以相切方式向工件的第一个切削点进刀。

### ● CAXA 制造工程师中退刀方式种类

➤ 垂直: 刀具从工件的最后一个切削点直接退刀;

➤ 强制: 刀具从工件的最后一个切削点向给定点退刀;

➤ 圆弧: 刀具从工件的最后一个切削点按给定半径, 以  $1/4$  圆弧退刀;

➤ 直线: 刀具按给定长度, 以相切方式从工件的最后一个切削点退刀。

各种进退刀方式的示意图如图 3-21。

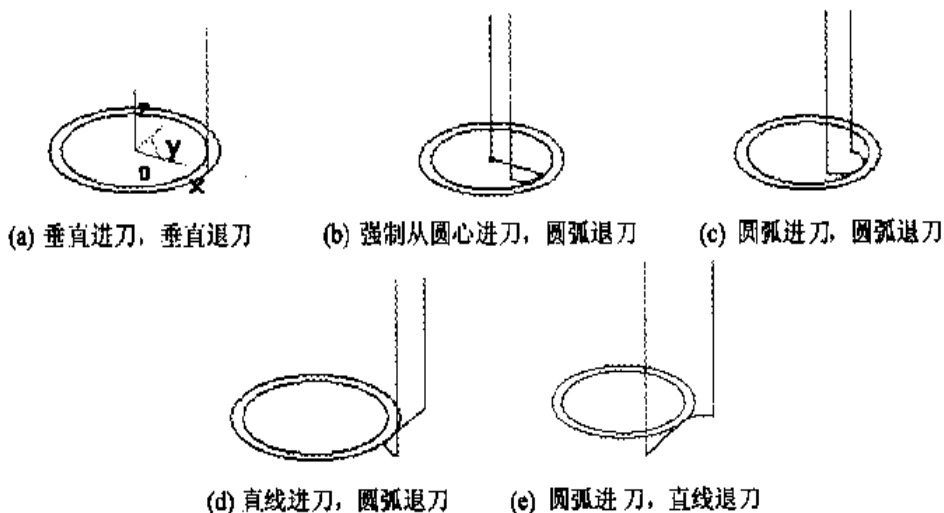


图 3-21

进退刀方式对接刀部分的表面质量影响很大, 应根据装夹的情况, 选择一种容易进刀、退刀, 避免碰撞, 又能保证表面质量的下刀、退刀方式。

## 11. 下 刀

### (1) 下刀方式

下刀方式与进退刀方式不同, 下刀方式是针对具有分层加工能力的轨迹, 在层与层之间下刀的方式进行的处理, 参数设定对话框如图 3-22。

功能: 设置层与层之间的进刀方式, 使用螺旋、倾斜、渐切方式可解决端铣底刃不全, 无法一次进刀太多问题。CAXA 制造工程师提供的下刀方式有: 垂直切入、螺旋切入、倾斜切入、渐切切入四种方式, 如图 3-23。其中后三种可以完全解决端铣刀底刃不足问题, 可在不预打工艺孔的情况下用端刀直接下刀, 从而提高效率。

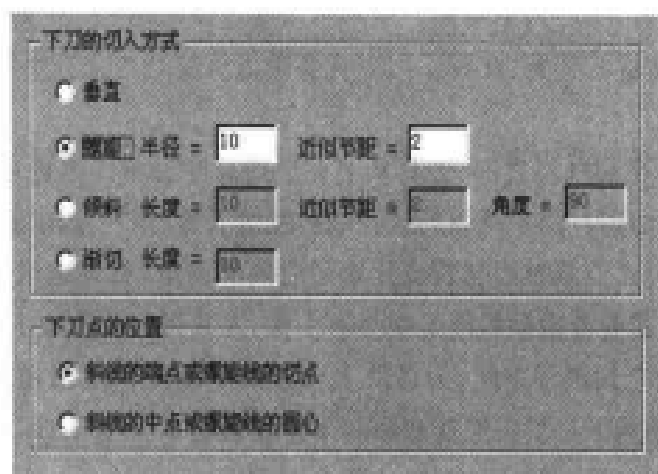


图 3-22

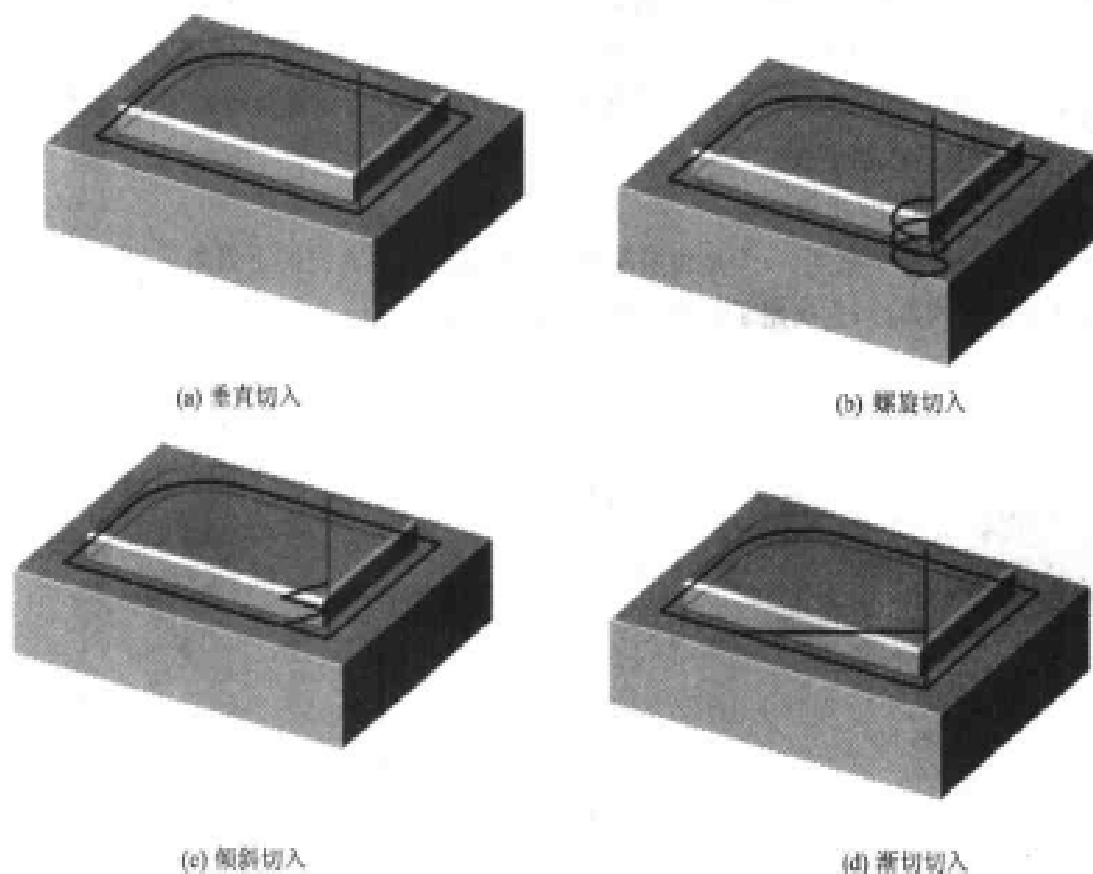


图 3-23

- 垂直切入：在两个切削层之间刀具从上一层的高度直接切入工件毛坯。如果使用端刀，并且毛坯上没有钻孔的情况下，使用垂直切入方式有可能撞坏刀具。
- 螺旋切入：在两个切削层之间，刀具从上一层的高度沿螺旋线以渐进的方式切入工件

毛坯,直到下一层的高度,然后开始切削。用户可以通过控制螺旋线的螺旋半径及节距来控制刀具切入毛坯材料的角度。注意:此种下刀方式要考虑螺旋是否会有干涉,尤其在凹腔体加工时必须注意。

- 倾斜切入:在两个切削层之间,刀具从上一层的高度沿斜线渐进切入工件毛坯,直到下一层的高度,然后开始切削。用户可以通过控制斜线的长度、节距及角度来控制刀具切入毛坯材料的角度。用户还可以控制斜线与轨迹开始切削段的夹角,将夹角值添入“角度”一栏中即可。注意:此种下刀方式要考虑倾斜线是否会有干涉,尤其在凹腔体加工时必须注意。

- 渐切切入:在两个切削层之间,刀具从上一层的高度沿加工路径方向按给定长度和层高确定的角度逐渐切削到下一层。螺旋和倾斜下刀比较容易产生干涉,而渐切下刀在三轴加工中不会发生干涉现象。是一种比较理想的下刀方式。

### (2) 下刀点位置

- 斜线的端点或螺旋线的切点:以螺旋方式下刀时,下刀点是螺旋线的切点,以倾斜方式下刀时,下刀点是斜线的端点。图 3-23(b)、(c)所示的下刀点位置即为该种情况。

- 斜线的中点或螺旋线的圆心:以螺旋方式下刀时,下刀点是螺旋线的圆心,以倾斜方式下刀时,下刀点是斜线的中点。

### (3) 倾斜下刀角度/摆角说明

倾斜下刀中有两个角度,一个是由层深和截距决定的高度方向的下刀角度,另一个是系统设置参数中给出的角度,它决定了俯视方向的摆角,如图 3-24。

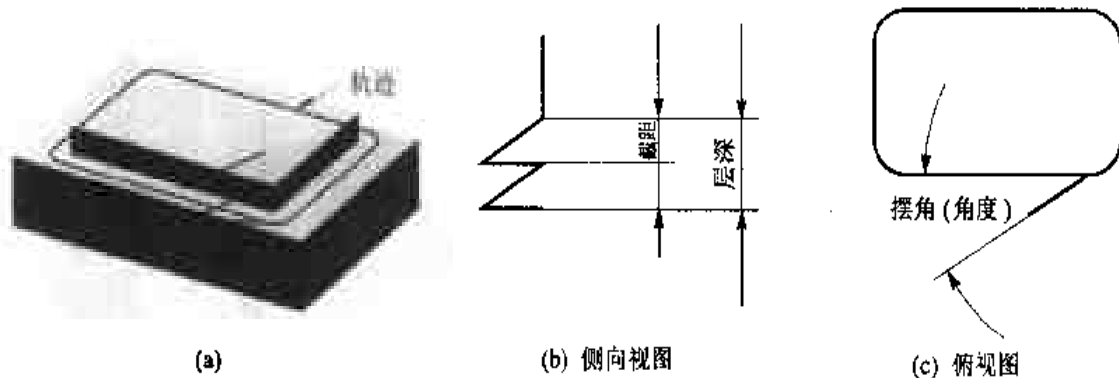


图 3-24

## 3.2.2 简单二维加工实例

1. 要求:用直径为 10mm 端面铣刀做渐开线凸轮外轮廓的加工轨迹,尺寸如图 3-25。毛坯为轮廓尺寸+2mm,厚度方向无余量,即只加工外轮廓。

### 2. 操作步骤

- 步骤 1:工艺选择

作平面轮廓轨迹,加工坐标原点选择渐开线公式原点,将凸轮底部设置为坐标轴  $Z=0$ 。D10 的端面铣刀在轮廓方向上做一次切削,厚度方向上分 3 层加工,每层深度 5mm。为保证切削质量,在每层中使用顺时针切削,保证顺铣切在每层中的切入切出方式改为圆弧切入和圆弧切出方式。

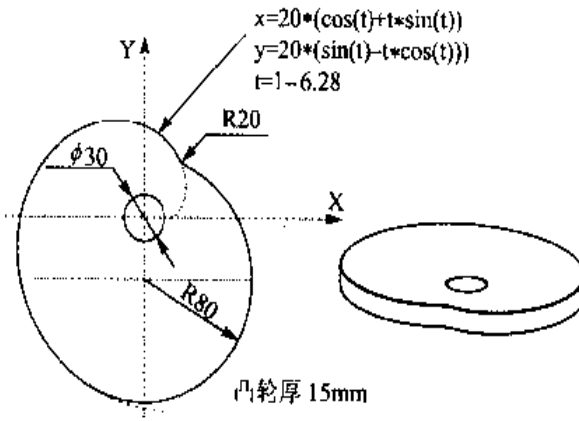


图 3-25

● 步骤 2:绘制公式曲线

在如图 3-26 的公式曲线对话框中绘制曲线。



图 3-26

- 步骤 3:绘制与该公式曲线相距“80”的等距线,如图 3-27。
- 步骤 4:绘制过原点的辅助垂线,如图 3-28。
- 步骤 5:绘制圆,圆心选择等距线与辅助垂线的交点,半径取“80”,该圆将和渐开线相

切,如图 3-29。

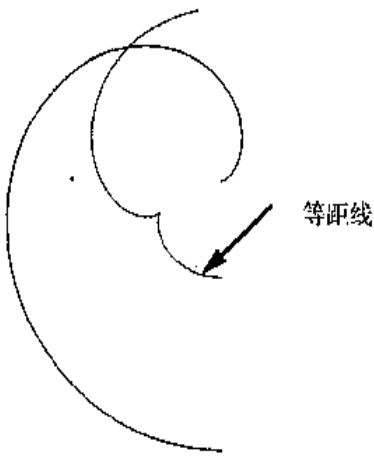


图 3-27

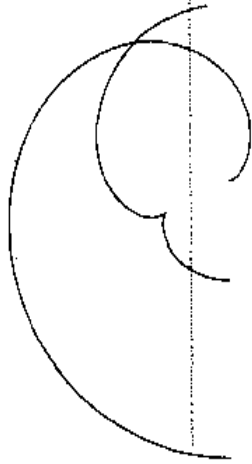


图 3-28

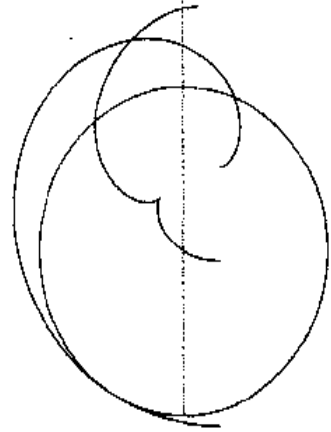


图 3-29

- 步骤 6: 作半径 20 的圆弧过渡,如图 3-30。
- 步骤 7: 删除、裁剪多余线段,整理草图如图 3-31。

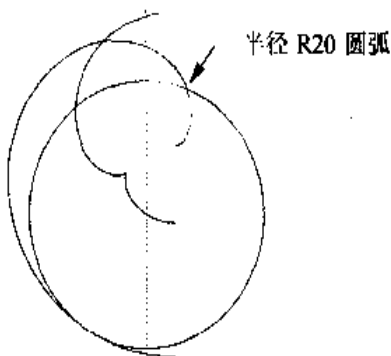


图 3-30

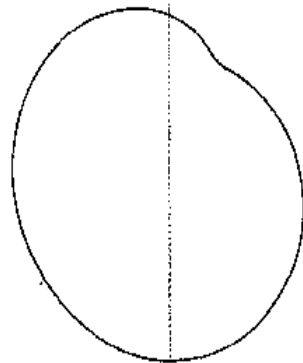


图 3-31

- 步骤 8: 选择平面轮廓加工

- 选择铣刀参数,按图 3-32 所示,在对话框中填写铣刀参数表。
- 按图 3-33 参数表填写平面轮廓加工参数表(注意层高设置)。
- 按图 3-34 参数表填写切削用量参数表(工件高度为 15,注意安全高度一定要大于工件高度)。
- 按图 3-35 参数表设置进退刀参数(圆弧切入、切出)。
- 按图 3-36 参数表设置下刀方式(注意,每层内选择了圆弧切入切出使层间下刀点已经在毛坯外,所以这里使用垂直下刀没有问题)。

所有设置结束后,按“确定”按钮。系统提示“拾取轮廓和加工方向”,用光标拾取渐开线图形,系统提示“确定链拾取搜索方向”,用光标选取顺时针方向的箭头,系统再提示“拾取箭头方

向”(选择加工外轮廓还是内轮廓),用光标拾取指向凸轮外部的箭头。系统提示“拾取进刀点”,按鼠标右键,系统再提示“拾取退刀点”,再按鼠标右键。系统将凸轮外轮廓轨迹完成,如图 3-37。

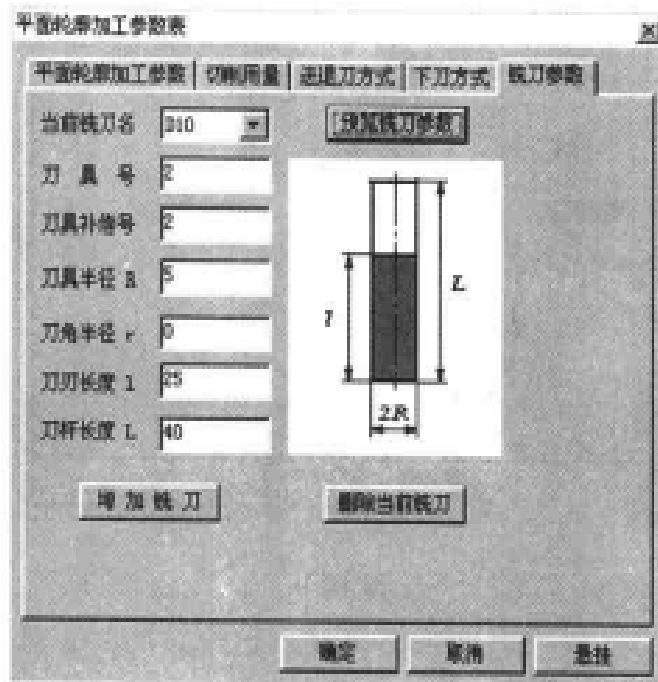


图 3-32

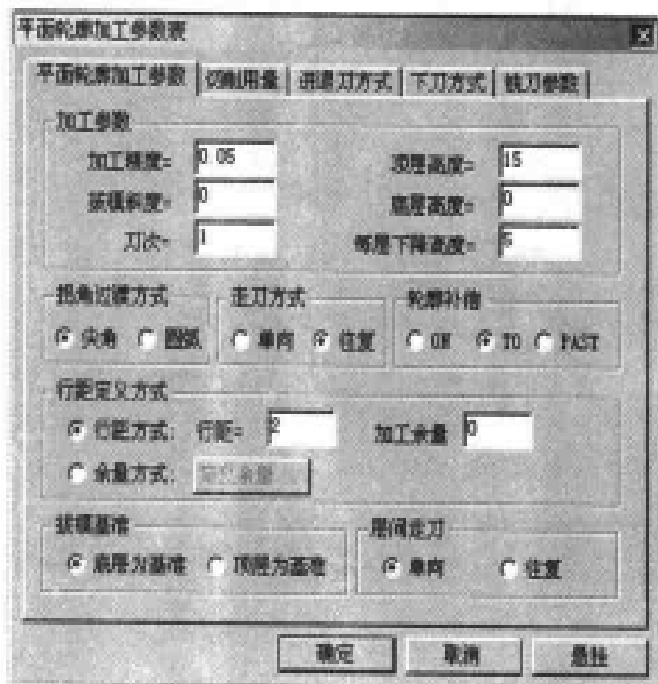


图 3-33



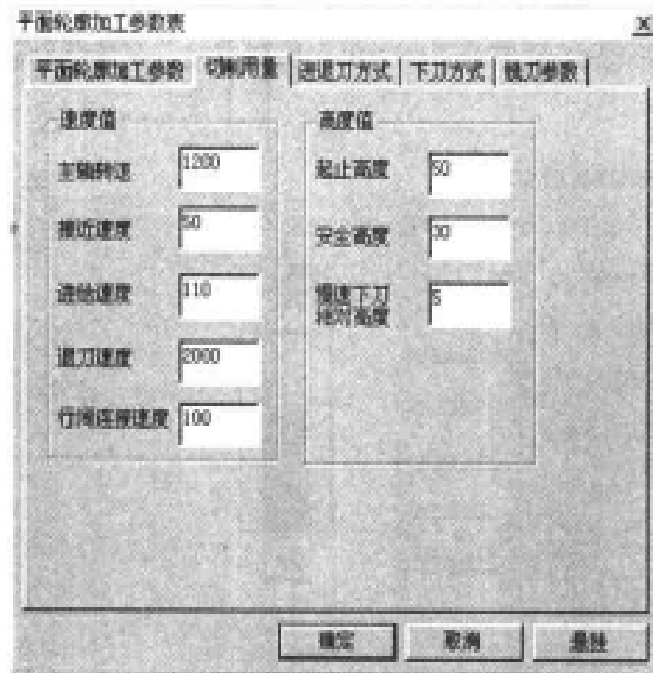


图 3-34

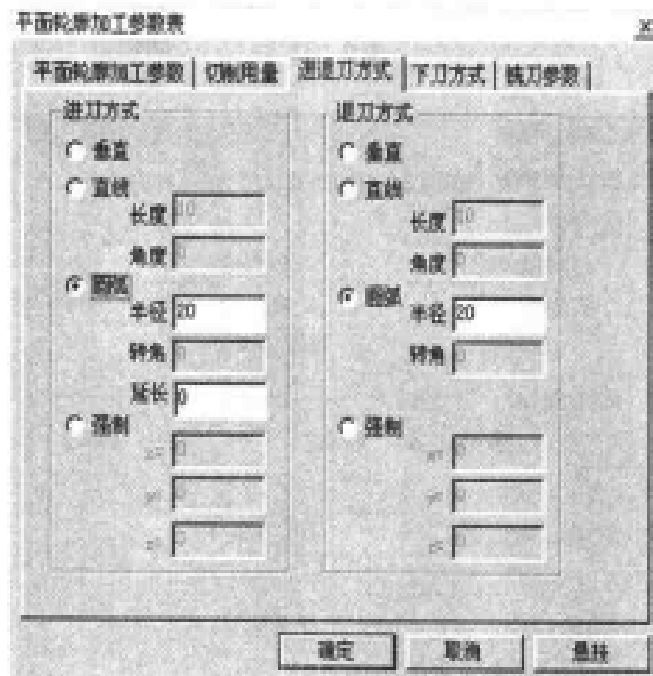


图 3-35

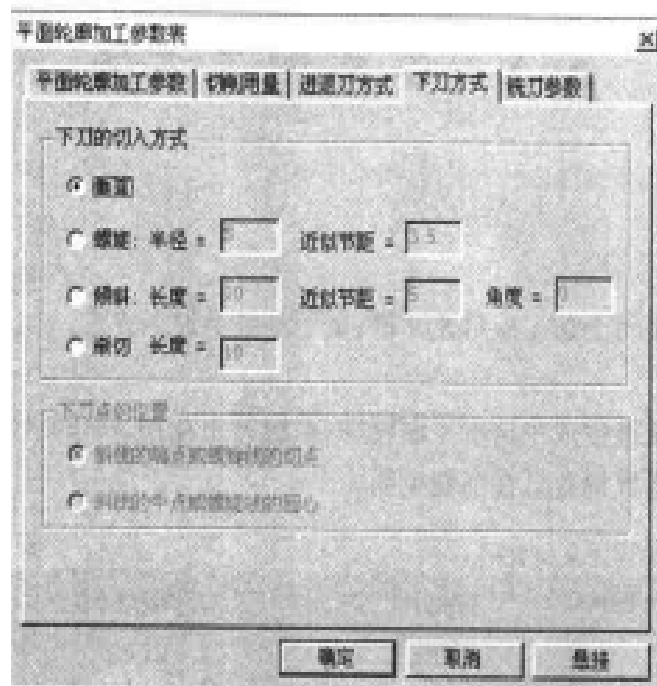


图 3-36

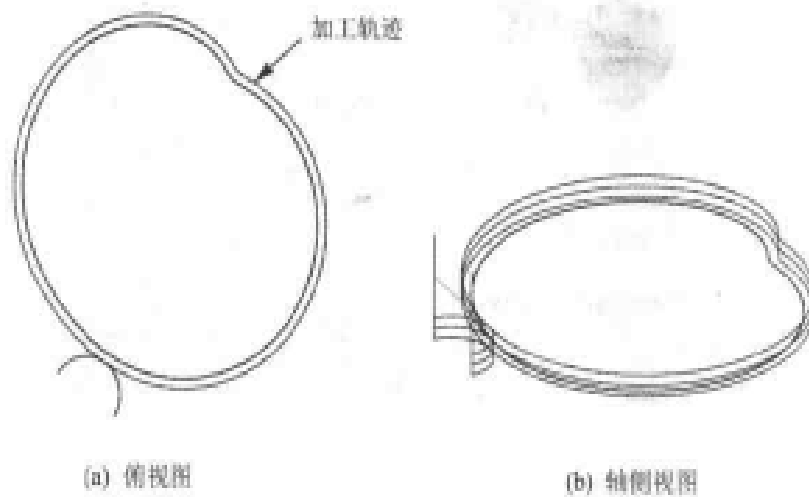


图 3-37

## 3.3 各类加工方法

### 3.3.1 平面轮廓加工

#### 1. 功能

平面轮廓加工主要用于加工外形及开槽,属于两轴半加工方式。

#### 2. 操作说明

从应用菜单中的轨迹生成中选取平面轮廓,系统弹出如图 3-38 对话框。其中的切削用量、进退刀参数、铣刀参数设置已在前面说明。



图 3-38

### 3. 加工参数表

#### (1) 加工参数

- 加工精度: 刀具轨迹和实际加工模型的偏差即是加工精度。用户给出的加工精度是刀具轨迹同加工模型之间的最大允许偏差,系统保证刀具轨迹与实际加工模型之间的偏离不大于此精度。

- 用户应根据实际工艺要求给定加工误差,如在进行粗加工时,加工误差可以较大,否则加工效率会受到不必要的影响;而进行精加工时,需根据表面要求等给定加工误差。

- 在两轴加工中,对于直线和圆弧的加工不存在加工误差,加工误差指对样条线进行加

工用时折线段逼近样条时的误差,加工精度越高,折线段越短,加工代码越长。

- 拔模斜度:二轴半加工时轮廓具有的倾斜度,与拔模基准配合使用。
- 刀次:生成的刀位的行数。
- 顶层高度:加工零件的最高高度。
- 底层高度:加工完成后,即最后一层所在的高度。

注意:以上两高度都为相对当前坐标系的值,加工时机床坐标系与当前坐标系应设为一致。

- 每层下降高度:每加工完一层,加工下一层时刀具下降的高度。

### (2) 拐角过渡方式

拐角过渡就是在切削过程遇到拐角时的处理方式,本系统提供尖角和圆弧两种过渡方法,如图 3-39 所示。

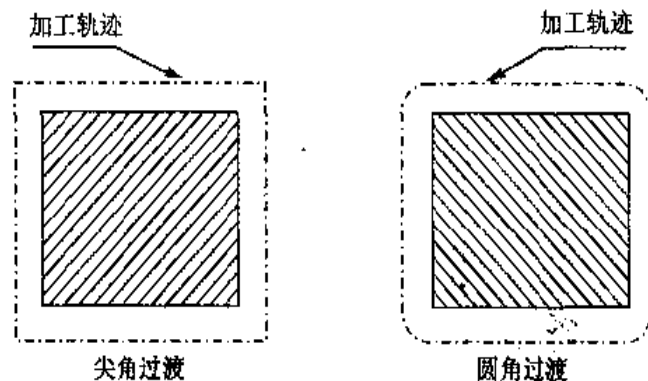


图 3-39

● 尖角过渡:刀具从轮廓的一边到另一边的过程中,以直线的方式过渡,此方式适合尖角大于  $90^\circ$  的角。

● 圆弧过渡:刀具从轮廓的一边到另一边的过程中,以圆弧的方式过渡,适合小于  $90^\circ$  的角。采用圆弧过渡可避免机床进给方向的急剧变化。

### (3) 走刀方式:

是指刀具轨迹行与行之间的连接方式,本系统提供单向和往复两种方式,如图 3-40 所示。

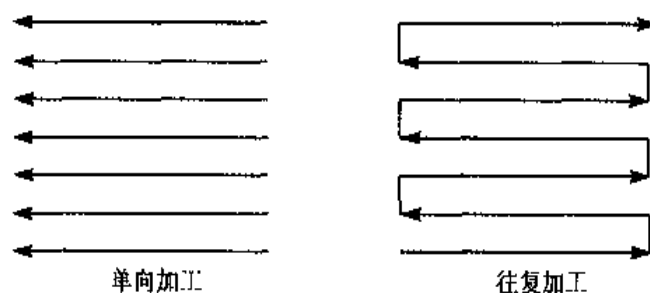


图 3-40

- 单向:拾刀连接,刀具加工到一行刀位的终点后,抬到安全高度,再沿直线快速走刀(G00)到下一行首点所在位置的安全高度,然后按给定下刀方式进刀,并沿着相同的方向进行加工。

- 往复:直线连接,与单向不同的是在进给完一个行距后刀具沿着相反的方向进行加工,行间不拾刀。

注意:往复走刀效率高,但由于有行间连接表面质量差,多用于粗铣,单向走刀有一致的走刀纹,表面质量较高。

#### (4) 轮廓补偿

在有轮廓的加工方式中(平面轮廓、区域,曲面轮廓、区域)需要考虑刀具大小的影响,即相对于轮廓的偏置补偿量。本系统采用如下三种补偿方式。

- ON:刀具中心线与轮廓重合,即不考虑补偿。
- TO:刀具中心线不到轮廓,相差一个刀具半径。
- PAST:刀具中心线超过轮廓一个刀具半径。

注意:补偿是左偏还是右偏取决于加工的是内轮廓还是外轮廓,如图 3-41。

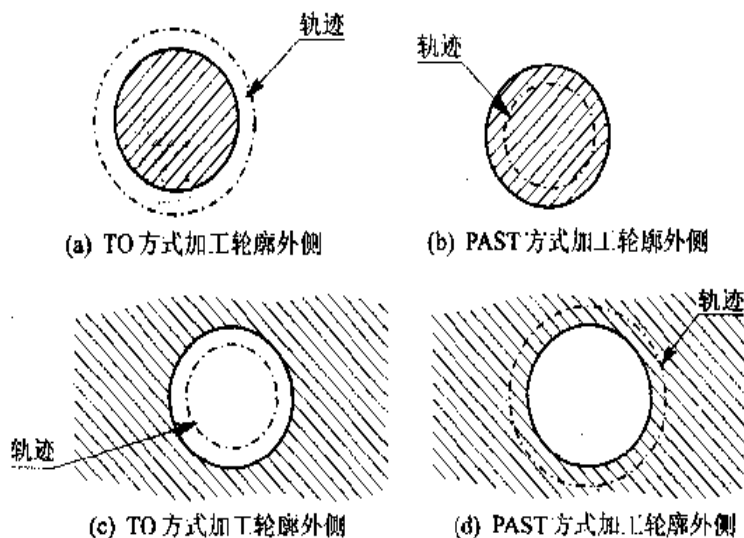


图 3-41

#### (5) 行距定义方式

行距即为每层加工中刀具的吃刀量,可有两种方式。

- 行距方式:确定最后加工完工件的余量及每两次加工之间的行距(吃刀量)。其中加工余量为给下一道工序的余量。

- 余量方式:定义每次加工完所留的余量。最多可定义 10 次加工的余量。

在余量方式下,按“定义余量”按钮可弹出余量定义对话框,如图 3-42 所示,可定义每一次加工完所剩的余量。(注意:此示意图刀次取三次。)

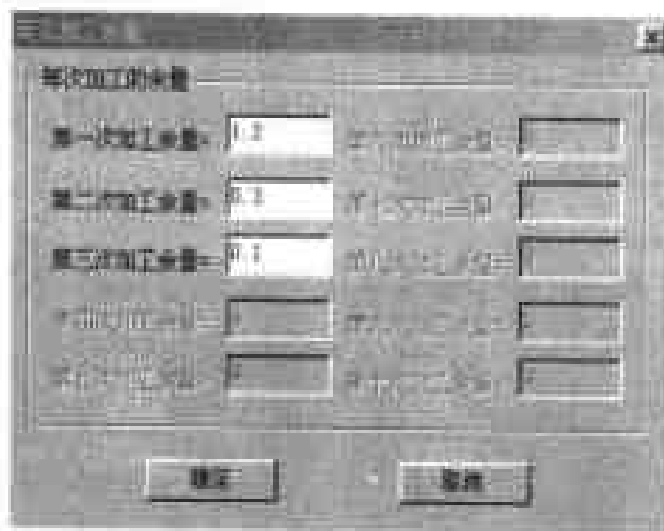


图 3-42

#### (6) 拔模基准

当加工的工件带有拔模斜度时,工件顶层轮廓与底层轮廓的大小不一样。用“平面轮廓”功能生成加工轨迹时,只需画出工件顶层或底层的一个轮廓形状即可,无需画出两个轮廓。“拔模基准”用来确定轮廓是工件的顶层轮廓还是底层轮廓,如绘图时绘的是加工零件的顶层形状,则选顶层为拔模基准。

#### (7) 层间走刀

除了每层加工中的单向、往复走刀方式外,层和层之间的刀具轨迹连接也分单向和往复。单向时有抬刀,往复时加工完一层后不抬刀而是直接进刀到下一层高度。

#### (8) 机床自动补偿

CAXA 制造工程师平面轮廓加工提供了机床自动补偿功能(G41/G42)。当不使用该功能时,系统自动将刀具半径补偿和加工余量加入到计算出的轨迹中。使用自动补偿后,系统仅仅输出轮廓的原始形状代码,由后置处理在程序中加入 G41 或 G42 等补偿代码。

### 4. 生成带有拔模角度的轮廓加工刀具轨迹实例

(1) 要求:需加工如图 3-43 所示的圆台锥体,图形特征为:高度为“50”,拔模斜度为“60”,圆台下半径为“108”。

#### (2) 操作步骤

- 步骤 1:用绘圆功能绘出一个半径为 108 mm 的圆。
- 步骤 2:选择应用菜单下的轨迹生成中的平面轮廓。

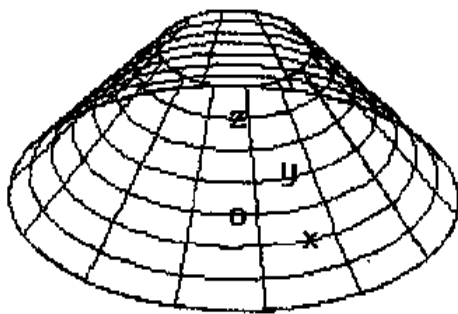


图 3-43

- 步骤 3: 选取铣刀参数, 选择或者添加一把半径为 10 mm 的端刀。
- 步骤 4: 填写加工参数表, 如图 3-44 所示。拔模基准选顶层, 加工刀次选 2 次。
- 步骤 5: 填写进退刀参数, 切削用量, 下刀方式等参数, 完毕后点按确定钮, 系统在左下角出现提示: 拾取轮廓。用鼠标左键拾取圆。



图 3-44

注意: 拾取轮廓线可以利用曲线拾取工具菜单, 用空格键弹出工具菜单。工具菜单提供三种拾取方式: 单个拾取、链拾取和限制链拾取, 此处采用单个拾取。单个拾取用在轮廓线不多且易拾取的场合, 链拾取用在轮廓线较多且首尾相连的场合, 限制链拾取用于选定在两条限制线之间的连接链部分。

- 步骤 6: 拾取轮廓完毕后, 系统继续提示拾取方向, 此方向即代表链拾取的方向, 也代表刀具的加工方向, 如图 3-45 所示。

- 步骤 7: 选择加工的侧边。轮廓加工方向选择完后, 系统提示选择箭头方向, 即加工的是内侧还是外侧, 此处选择外侧, 如图 3-46。

- 步骤 8: 加工轨迹生成。选择加工外侧后。点按鼠标右键, 生成如图 3-47 轨迹。

- 步骤 9: 生成代码。选择应用菜单下的后置处理中的生成 G 代码, 生成机床能识别的代码。

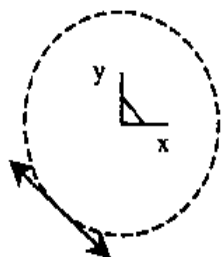


图 3-45

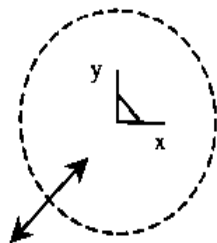


图 3-46

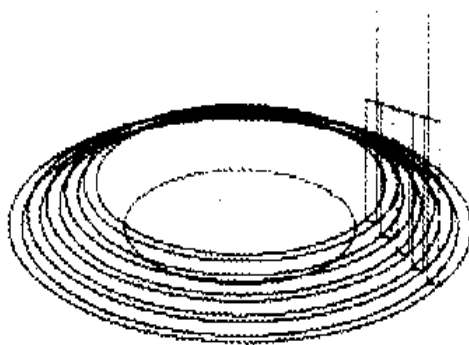


图 3-47

### 3.3.2 平面区域加工

属于两轴半加工方式,生成中间有多个岛的平面加工轨迹,主要用于加工型腔。从应用菜单选择轨迹生成中的平面区域加工,系统弹出如图 3-48 对话框。



图 3-48

#### 1. 加工参数表说明

##### (1) 走刀方式

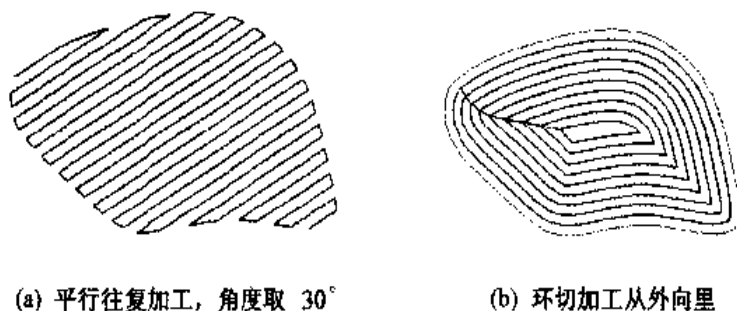
● 平行加工:刀具以平行走刀方式切削工件。可改变生成的刀位行与 X 轴的夹角,如图 3-49(a)。可选择单向或往复方式。



▶单向:刀具以单一的顺铣或逆铣方式加工工件。

▶往复:刀具以顺逆混合方式加工工件。

环切加工:刀具以环绕轮廓走刀方式切削工件。可选择从里向外还是从外向里的方式,如图 3-49(b)。



(a) 平行往复加工, 角度取  $30^\circ$

(b) 环切加工从外向里

图 3-49

## (2) 区域内是否抬刀

- 是:刀具以抬刀的方式从一个区域到另一个区域。
- 否:刀具以环绕的方式从一个区域到另一个区域。

## (3) 岛参数

除了轮廓可选余量、斜度外,岛也可改变这些参数,其含义与轮廓一样。

## (4) 标示钻孔点

当轨迹形成很多封闭区域而无法进行绕岛加工时,系统需要进行抬刀,移动到下一个封闭区域下刀。这样会形成一些下刀点,如果使用的是平底端铣刀,需要在这些下刀点处预钻下刀孔。将标示钻孔点开关打开,系统会自动将此类下刀点标示出。如果使用渐切下刀方式,可以取消此类预钻孔,但是一定要注意渐切角度。

## 2. 清根参数

点按清根参数,弹出如图 3-50 对话框。

此参数可对轮廓和岛分别作清根或不清根的选择,系统默认为不清根,如选择清根,刀具将在每层加工完毕后,再沿轮廓或岛绕切一遍进行清根。做清根加工时,还可选择清根的进退刀方式。一般来说,由于刀刚度的影响,当加工较深型腔且吃刀量较大时,会在轮廓及岛边缘处形成不必要的斜度,此时就需要进行清根处理。

注意:其他未作说明的各种参数都与平面轮廓相同。

## 3. 生成有多个岛的区域加工轨迹实例

(1) 要求:加工如图 3-51 所示轮廓凹腔,腔内含三个岛屿,尺寸可任意。

### (2) 操作步骤

- 步骤 1:选取应用菜单下的轨迹生成中的平面区域。

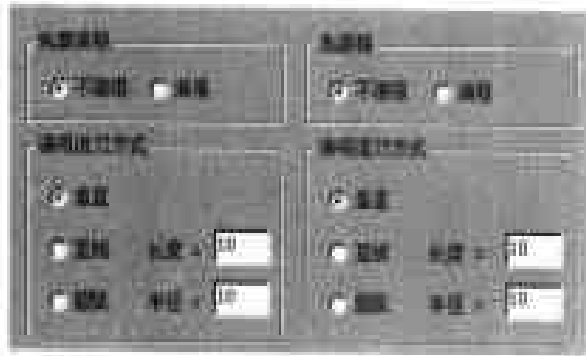


图 3-50

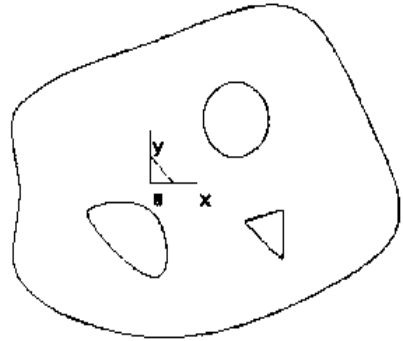


图 3-51

- 步骤 2: 填写加工参数表, 选择刀具, 如图 3-52。



图 3-52

● 步骤 3: 拾取轮廓线。填写完参数表格后, 系统提示: 拾取轮廓。拾取轮廓线可以利用曲线拾取工具菜单, 方法同平面轮廓, 如图 3-53(a)。

● 步骤 4: 加工方向拾取。拾取第一条轮廓线后, 此轮廓线变为红色的虚线。系统给出提示: 选择方向, 要求用户选择一个方向, 此方向表示刀具的加工方向, 同时也表示链拾取轮廓线的方向。

● 步骤 5: 岛的拾取。拾取完区域轮廓线后, 系统要求拾取第一个岛。在拾取岛的过程中, 系统会自动判断岛自身的封闭性。如果所拾取的岛由一条封闭的曲线组成, 则系统提示拾取第二个岛; 如果所拾取的岛由两条以上的首尾连接的封闭曲线组合而成, 当拾取到一条曲线后, 系统提示继续拾取, 直到岛轮廓已经封闭, 如图 3-53(b)。如果有多个岛, 系统会继续提

示选择岛。

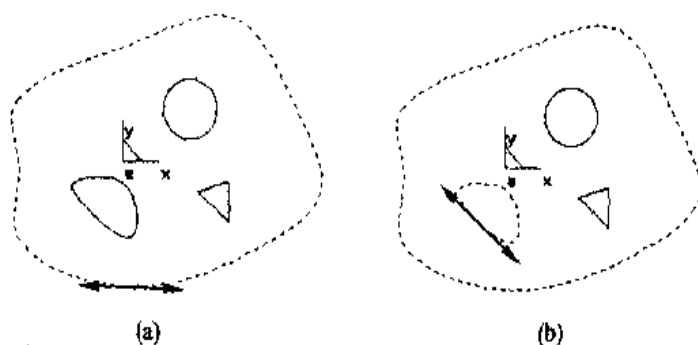


图 3-53

● 步骤 6:生成刀具轨迹。岛选择完毕,用鼠标右键确认。确认后,系统给出刀具轨迹,如图 3-54。

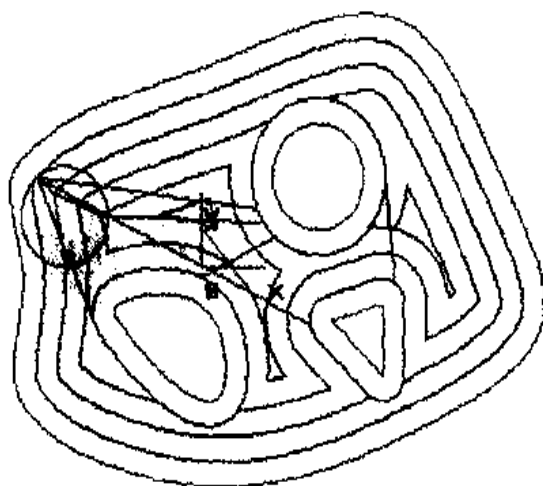


图 3-54

注意:为提高加工效率,下刀方式采用螺旋下刀,因型腔较深,轮廓及岛需清根。

### 3.3.3 导动加工

#### 1. 功能

导动加工是二维加工的扩展,它用轮廓线沿导动线平行运动生成轨迹,相当于平行导动曲面的算法,只不过生成的不是曲面而是轨迹,其截面轮廓可以是开放的也可以是封闭的,但导动线必须是开放的,该轨迹是二轴半轨迹。参见图 3-55。

#### 2. 操作说明

从应用菜单中的轨迹生成中选取导动加工,系统弹出如图 3-56。

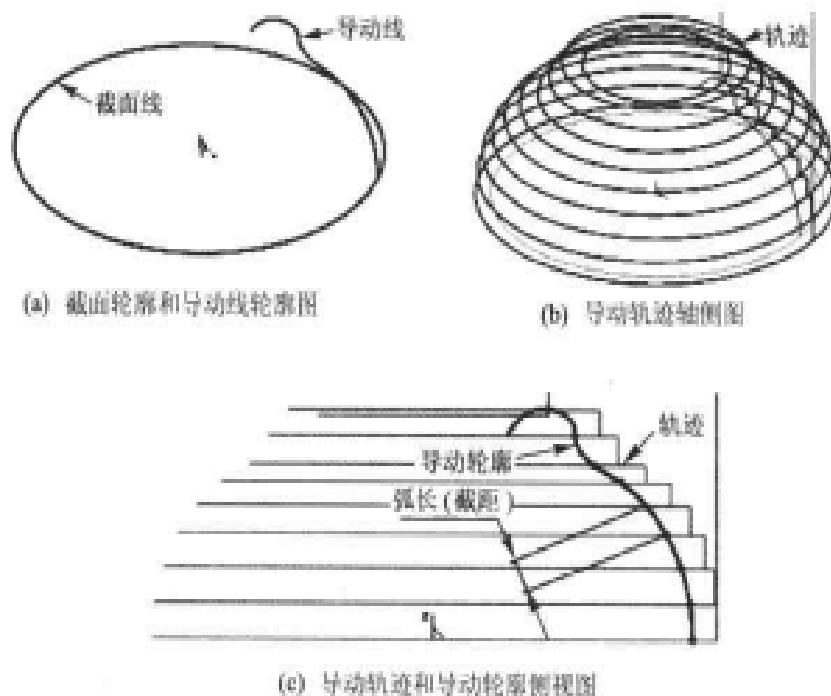


图 3-55

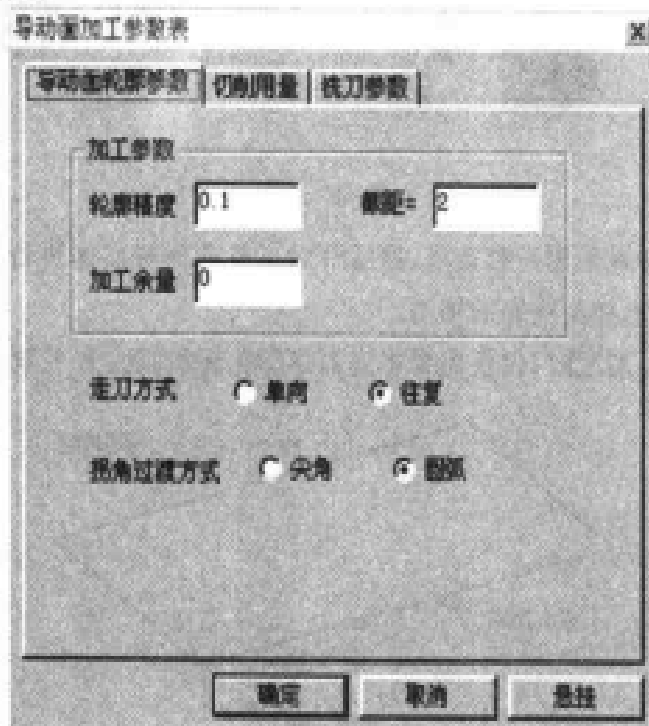


图 3-56

### 3. 加工参数表说明

#### (1) 加工参数

- 轮廓精度:轮廓精度包括界面轮廓和导动轮廓的精度。
- 加工余量:距离平行导动面的余量。
- 截距:导动方向上用弧长作为每一个截面的截距。

#### (2) 其他参数

其他加工参数与平面轮廓加工类似,这里不再详述。

### 4. 导动加工实例

(1) 要求:加工如图 3-57 的造型。

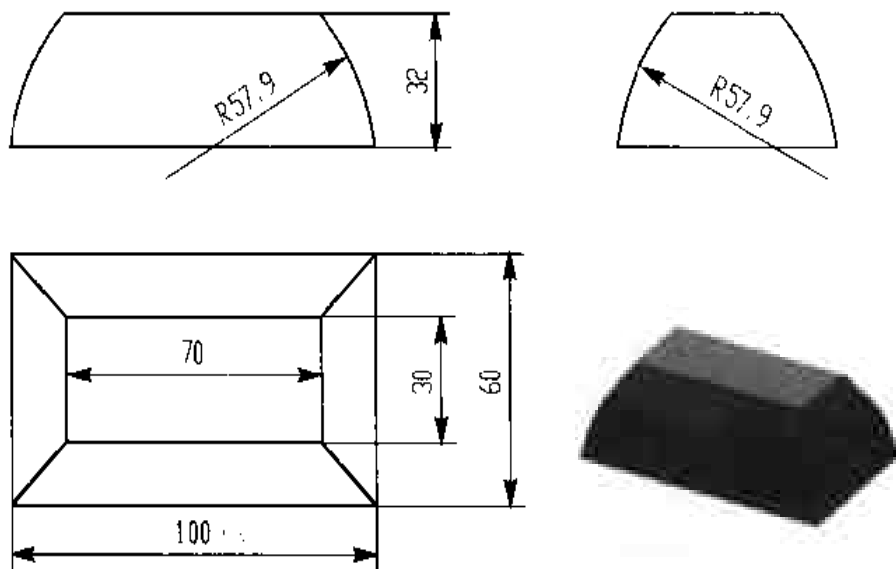


图 3-57

上述图形的加工如果采用三维造型,然后针对三维曲面或实体进行加工,其加工精度、加工质量、轨迹代码量都不如使用导动加工。

上图形状使用导动加工时,仅仅需要将底面矩形轮廓和侧面 R 轮廓绘制出,如图 3-58。

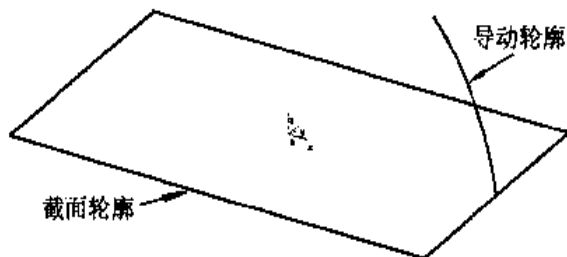


图 3-58

使用矩形做截面轮廓,圆弧做导动轮廓,截距“2”、精度“0.1”、“圆角过渡”、加工余量“0”、刀具为 R3 球头刀、走刀方式“往复”、起止高度“60”、安全高度“40”、慢速下刀相对高度“10”、主轴转速“800”、接近速度“120”、切削速度“100”、退刀速度“3000”、行间连接速度“100”。生成

的加工轨迹如图 3-59。

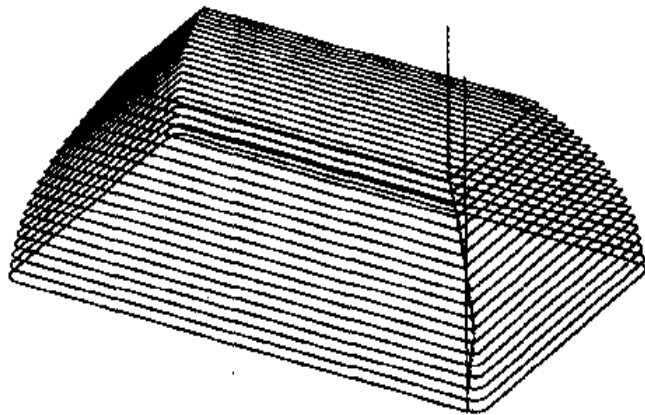


图 3-59

### 5. 导动加工和等高精加工比较

导动加工和等高精加工生成的轨迹有些类似的地方。等高精加工的轨迹每一层都是在水平平面内,导动加工生成的轨迹每一层也都是在水平平面内。但是等高精加工是采用曲面或实体造型,然后用截距相等的平面和曲面(或实体)求出交线,以这些交线作轮廓、岛进行加工,其算法复杂。而且等高精加工的轨迹在起伏平缓的曲面上效果不是很好,一般还需要做一次补加工。所以在同样配置的计算机上,要达到同样加工精度的情况下,等高精加工的计算速度明显要比导动加工慢很多。

导动加工和等高精加工比,由于其代码为二维代码,它具有精度高、代码量小、计算速度快等优点。但是导动加工不能取代等高加工,因为导动加工无法对多凹槽、多凸台的造型进行加工,它的加工范围有限。

#### 3.3.4 参数线加工

##### 1. 功能:

沿曲面的参数线方向所产生的三轴刀具轨迹,可以对单个或多个曲面进行加工

##### 2. 参数表说明

选取参数线加工菜单项,弹出如图 3-60 所示对话框。对话框内容包括:刀具信息、各种进给速度、加工方式、切削用量、切削参数、干涉检查等。

##### (1) 切削余量

- 加工余量:对加工曲面的预留量,可正可负。
- 干涉余量:对干涉曲面的预留量,可正可负。

##### (2) 干涉检查:

- 是:对加工的曲面本身作自身干涉检查,如图 3-61。
- 否:对加工的曲面本身不作自身干涉检查,如图 3-62。

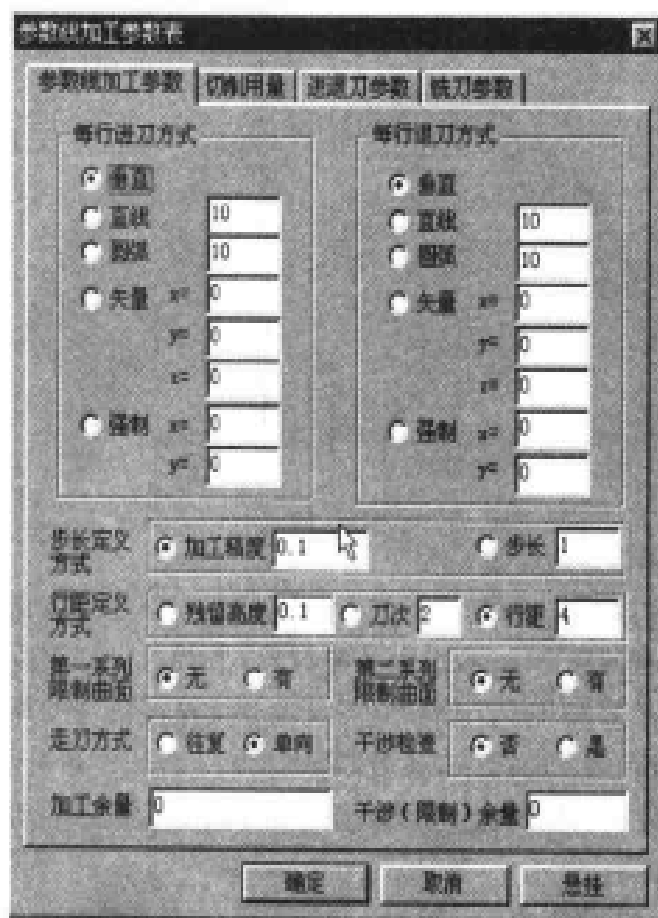


图 3-60

曲面曲率半径小于刀具半径，不加干涉检查产生过切

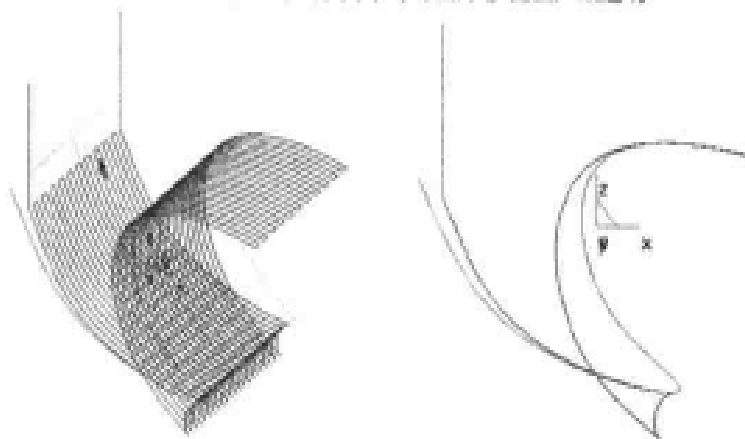


图 3-61

(3) 切削参数:

- 行距定义方式

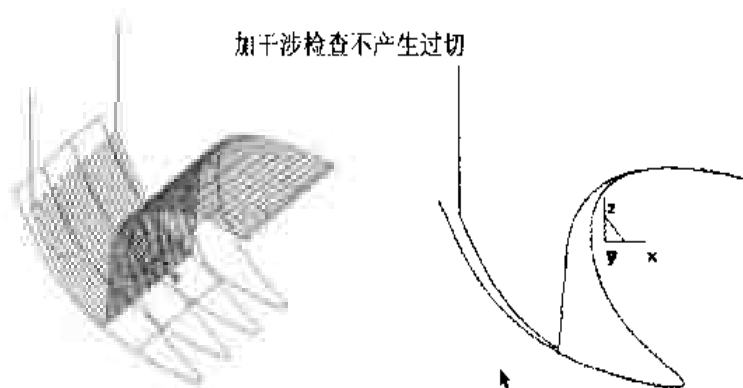


图 3-62

➤ 残留高度:加工后刀具轨迹在行进方向离加工曲面的最大距离。此参数为球刀特有,如图 3-63 所示。

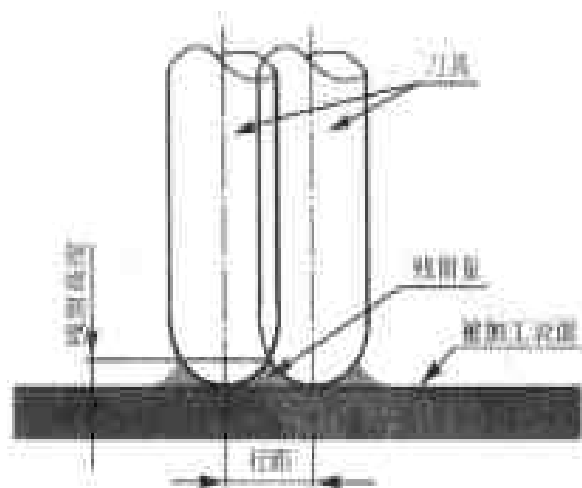


图 3-63

➤ 刀次:刀具轨迹的行数。

➤ 行距:每行刀位之间的距离。

➤ 提示:当加工的曲面曲率半径较大,或不需要精密尺寸时,建议使用行距来定义吃刀量;而对曲率半径较小的曲面,或尺寸要求较高,建议使用残留高度定义吃刀量,以在较陡面获得更多的走刀次数,如图 3-64。

#### ● 步长定义方式

➤ 加工误差:刀具轨迹在步进方向的加工误差。在三轴加工中,可以用给定步长的方式控制加工的误差,步长用来控制刀具步进方向上每两个刀位点之间的距离。系统按用户给定的步长计算刀具轨迹,同时系统对生成的刀具轨迹进行优化处理,删除处于同一直线上的刀位点,在保证加工精度的前提下提高加工的效率。因此用户给定的是加工的最小步距,实际生成的刀具轨迹中的步长可能大于用户给定的步长,如图 3-65。



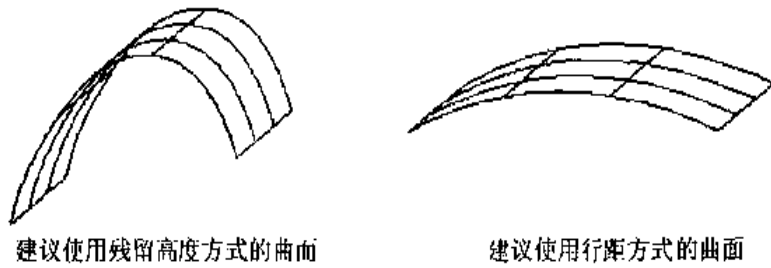


图 3-64

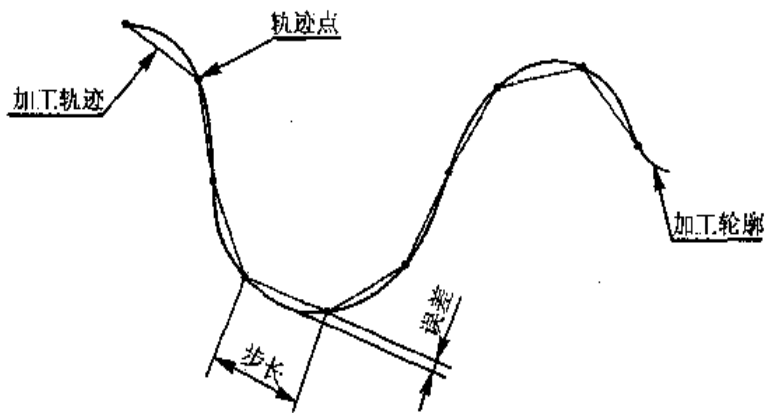
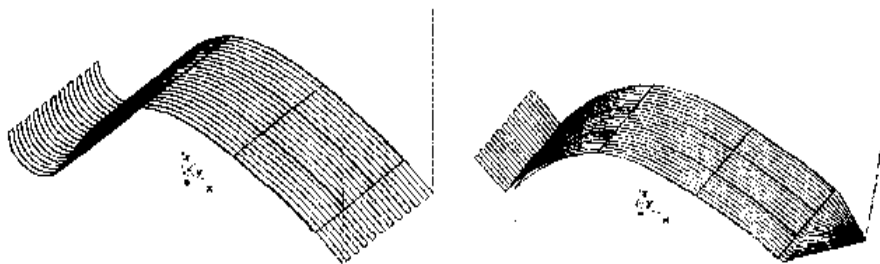


图 3-65

- 步长: 刀具行进的最小步距。
- 每行进退刀方式
  - 垂直: 刀具直接从每行首点的竖直上方落下。
  - 直线: 按给定的直线段长度, 切线切入工件。
  - 圆弧: 按给定的半径, 以四分之一圆弧切线切入工件。
  - 矢量: 在每行的首点处增加一给定矢量点。
  - 强制: 每行都从给定的强制点出发。强制点的 Z 值等同于每行第一点的 Z 值。每行退刀方式道理一样。



(a) 直线进刀、圆弧退刀的参数

(b) 强制进刀、矢量退刀的参数

图 3-66

注意:参数线加工在对多个曲面加工时须注意其曲面参数线最好保持一致,以保证产生的刀具轨迹是连续的,如参数线方向不一致,刀具轨迹则可能在两曲面边界处产生抬刀。

在这种情况下,可换用其他的加工方法,如限制线加工,以保证加工轨迹的连续性,如图 3-67。

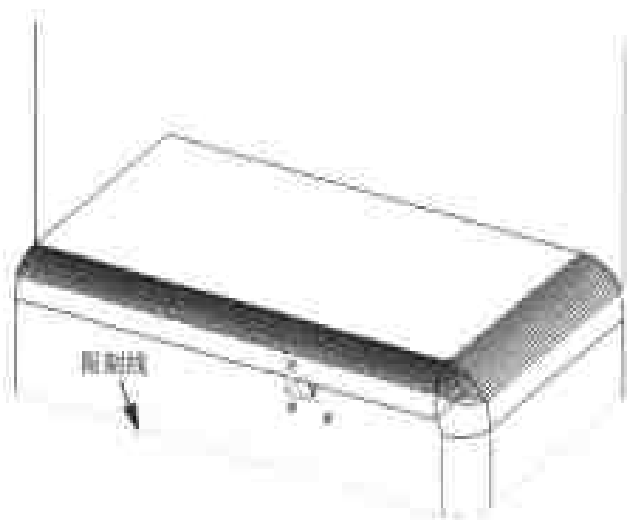


图 3-67

#### (4) 限制面

第一系列限制面:指刀具轨迹的每一行,在刀具恰好碰到限制面时停止(已考虑干涉余量)。即限制刀具轨迹每一行的尾,如图 3-68 所示。第一系列限制面可以由多个面组成。

第二系列限制面:限制每一行刀具轨迹的头。图 3-68 为第二系列面限制刀具轨迹的示意图。

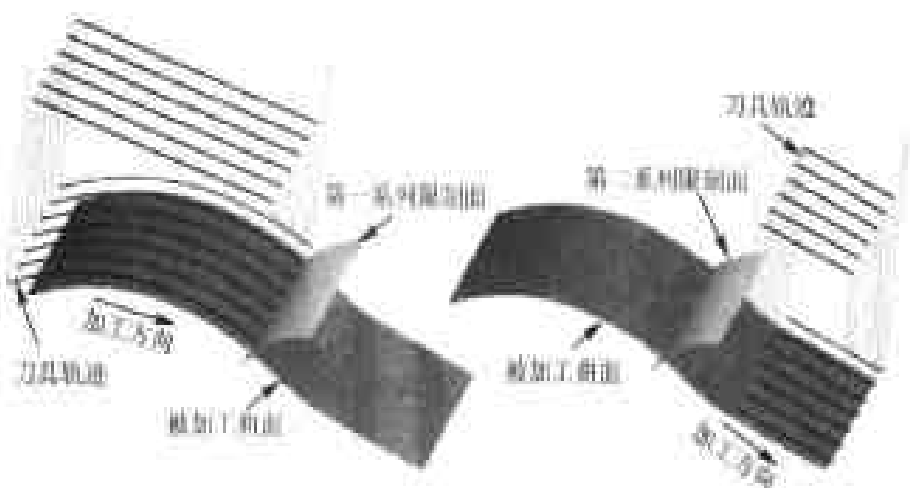


图 3-68

同时用第一系列限制面和第二系列限制面,可以得到刀具轨迹每行的中间段,如图 3-69。

系统对限制面与干涉面的处理不一样,碰到干涉面,刀具轨迹让刀,碰到限制面,刀具轨迹

的该行就停止。在不同的场合,用户要灵活应用,以达到更好的切削质量。

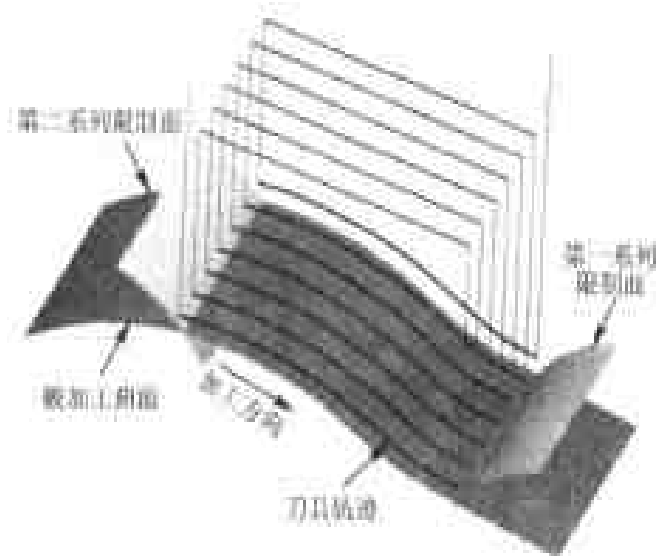


图 3-69

### 3. 参数线加工操作步骤

#### (1) 填写参数表

#### (2) 拾取曲面

填写完参数表格后,点取确认键,系统给出提示:拾取待加工曲面,如图 3-70 所示。

在立即菜单区,系统给出单个拾取的信息,即在拾取曲面时,只能一个一个地拾取。可切换成链拾取方式。如果为单个拾取,当拾取到一个曲面后,该曲面就变为红色的虚线,并且在该曲面上给出一个表示曲面加工方向的箭头符号。系统提示继续拾取曲面,如果曲面拾取完毕,用鼠标右键确认结束曲面的拾取。如果拾取方式为链拾取,拾取到一个曲面后,系统提示:拾取曲面角点。然后提示选择方向,曲面角点和方向相结合就能确定链拾取的方向。

#### (3) 选择进刀点和进刀方向

拾取完需要加工的曲面后,系统接着提示:拾取进刀点。要求用户给出进刀点的位置。进刀点为曲面的角点,如下图所示。给出进刀点后,系统提示:选择刀具进给方向(鼠标右键确认,左键选择)。可以利用鼠标左键切换刀具进给方向,一个是曲面 U 向,一个是曲面 W 向,即参数线方向,如图 3-71 所示。

#### (4) 选择曲面加工方向

给定进刀点和加工的步进方向后,系统要求选择曲面加工方向,给出提示:改变待加工曲面方向,即上表面还是下表面。在曲面上单击鼠标左键,即可改变曲面方向,单击鼠标右键确认所有曲面的方向,如图 3-72 所示。

#### (5) 指定干涉曲面

接下来系统提示:拾取干涉曲面。如果没有干涉曲面,则用鼠标右键确认。如果有干涉

面,拾取相应的干涉面。(这一步的图解将在例题中给出。)

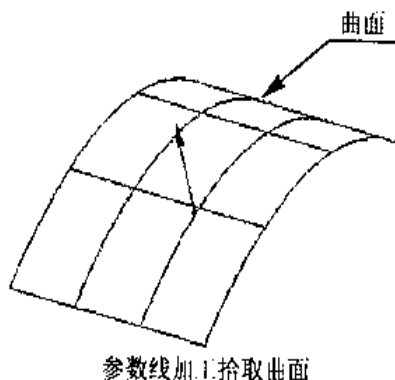


图 3-70

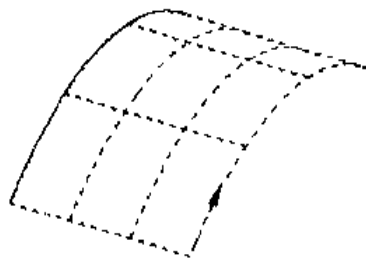


图 3-71

#### (6) 生成刀具轨迹

完成所有选择后,点按鼠标右键系统生成如图 3-73 所示刀具轨迹。

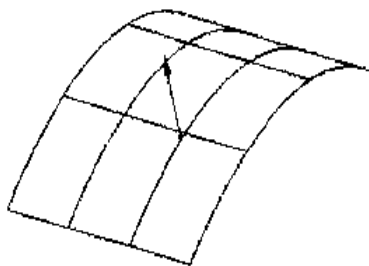


图 3-72

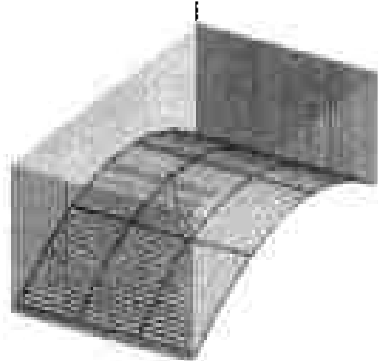


图 3-73

注意:

- 用户可以“单个拾取”或“链拾取”的方式来拾取待加工的曲面,且可通过立即菜单,切换拾取方式。对于复杂情形可能需要两种形式的组合来完成系列曲面的拾取。“单个拾取”需用户挨个拾取各曲面。适合于曲面数目不多,且不适合用“链拾取”的情形。“链拾取”需用户指定起始曲面,起始曲面角点及链搜索方向,系统从起始曲面出发,沿搜索方向自动寻找所有边界相接的曲面。搜索方向总是从起始曲面角点出发,指向曲面内部,可切换为 U 向和 W 向。链拾取适合于曲面数目较大且两张以上曲面搭接在一起的情形。

- 进刀点是第一张曲面的某一个角点。

- 用户需逐个确定待加工曲面的方向,以确保生成刀位的正确性。

- 对各加工参数的指定依赖于用户的加工经验,也与所使用的机床及加工工件的材料相关,而且还依赖于待加工的曲面本身。同样的情况在进行粗加工和精加工时也很不一样。在选择加工参数时,用户既要考虑机床和工件的特点,又要顾及加工效率。

- 在指定加工方式和每行进退刀方式时,需确定刀具不会碰伤工件。

- 若行距大于刀具直径,则系统在生成刀具轨迹时在每行之间按抬刀处理。

● 在利用参数线加工时,要准确理解干涉的含义。本系统把干涉分为某一曲面自身干涉和其他曲面对该曲面的干涉。如果在切削待加工曲面时可能与其他曲面发生干涉,用户需指定需进行干涉检查的曲面。如果能够确认曲面自身不会发生过切,最好不进行自身干涉检查,因消耗系统资源太大。

● 对本节中一些概念的理解可参看前面的介绍。

#### 4. 不带干涉曲面的参数线加工实例

(1) 作如图 3-74 所示,俯视图为半径是“40”的圆,两侧视图为抛物线的造型。

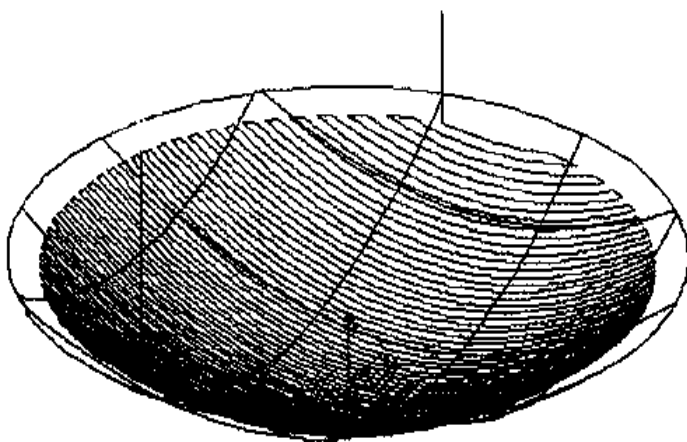


图 3-74

#### (2) 操作步骤

● 步骤 1:抛物曲面生成:利用 F7 把视图转变为 XZ 平面,拾取“二次曲线”功能,以起点为 $(-50,0,30)$ ,终点为 $(50,0,30)$ ,方向点为 $(0,0,-30)$ ,肩点为 $(0,0,0)$ 的抛物线。利用同样的方法,在 YZ 平面内作一个大小和形状完全相同的抛物线。然后利用导动的方式生成抛物曲面,导动线为一根抛物线,截面线为另一根抛物线。在 XY 平面内画一个圆心为 $(0,0,0)$ ,半径为“40”的圆,用投影方式裁剪抛物曲面,投影方向为 $(0,0,1)$ 。

● 步骤 2:有关参数:刀具采用半径为“5”的球头刀,加工余量为“0.5”,行距、步长都为“1”,安全高度为“40”,起止高度为“50”,不需要自身干涉。没有干涉面。

● 步骤 3:按照上面的操作说明,可以生成如图 3-74 的刀具轨迹。

#### 5. 带有干涉曲面的参数线加工

(1) 如图 3-75 所示。

#### (2) 操作步骤

● 步骤 1:在上图抛物曲面的基础上,作一个以坐标原点为中心,半径为“10”的半球体,并以半径“5”在抛物曲面与半球面之间过渡面。

● 步骤 2:刀具为“R2”的球刀,行距为“1.5”。

● 步骤 3:加工过渡面:按照说明步骤就可以作出如图 3-75 所示的刀具轨迹。在选取干

涉面时,选取抛物曲面和半球面为干涉渡面,方向为过渡面的曲率半径方向。

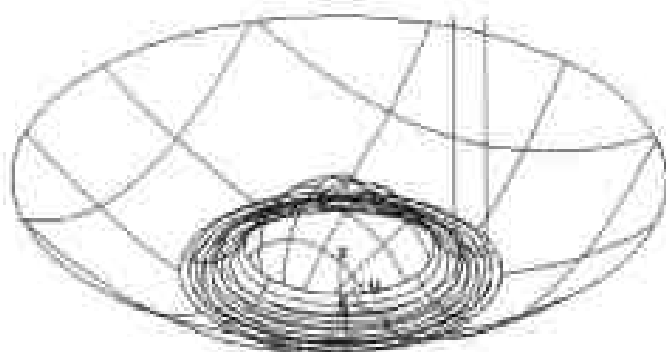


图 3-75

### 3.3.5 限制线加工

#### 1. 功能

生成多个曲面的三轴刀具轨迹,刀具轨迹被限制在两系列限制线内,可对曲面作整体处理,中间无抬刀。

#### 2. 参数表说明

选取限制线加工菜单项,弹出如图 3-76 所示对话框。对话框内容包括:刀具信息、各种进给速度、各种高度、加工方式、切削用量、切削参数、干涉检查等。

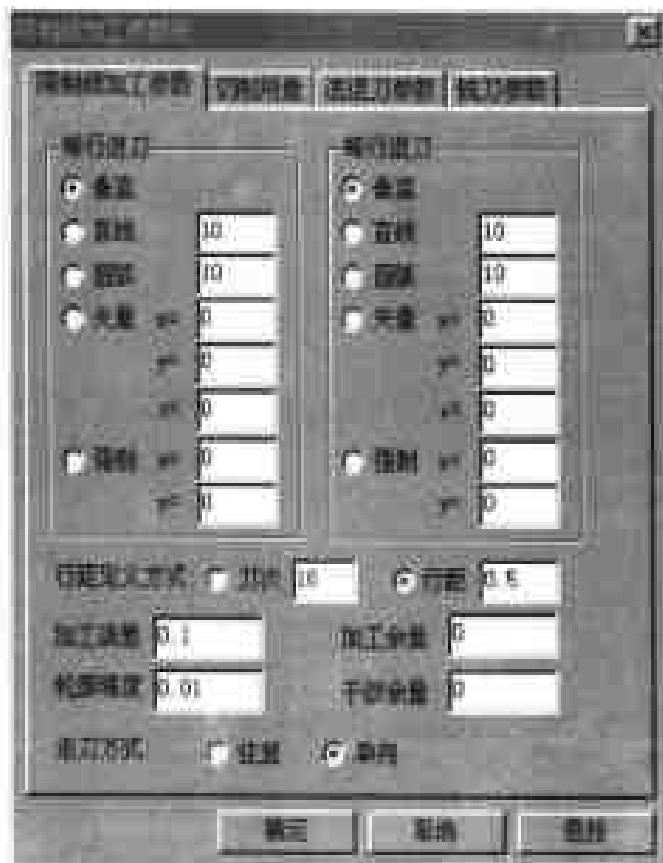


图 3-76

各种参数的含义和填写方法如下,也可参看参数线加工部分。

#### (1) 切削用量

- 加工余量:对加工曲面的预留量,可正可负。
- 干涉余量:对干涉曲面的预留量,可正可负。

#### (2) 切削参数

##### ● 行距定义方式

- 刀次:刀具轨迹的行数。
- 行距:每行刀位之间的距离。
- 加工误差:刀具轨迹在步进方向的加工误差。
- 轮廓精度:离散限制线的精度。

##### ● 每行进退刀方式

- 垂直:刀具直接从每行首点的竖直上方落下。
- 直线:按给定的直线段长度,切线切入工件。
- 圆弧:按给定的半径,以四分之一圆弧切线切入工件。
- 矢量:在每行的首点处增加一给定矢量点。
- 强制:每行都从给定的强制点出发。强制点的 Z 值等同于每行第一点的 Z 值。

每行退刀方式道理一样。

### 3. 操作步骤

- 步骤 1:填写参数表。
- 步骤 2:拾取两系列限制线。注意:拾取完第一系列限制线后,需点按鼠标右键确认。
- 步骤 3:拾取进刀点和加工方向。进刀点为限制线的四个端点,加工方向可以切换。
- 步骤 4:拾取曲面,即要加工的面。
- 步骤 5:指定干涉曲面后,系统提示:拾取干涉曲面。如果没有干涉曲面,则用鼠标右键确认,如果有干涉面,拾取相应的干涉面。
- 步骤 6:点按鼠标右键系统生成如下图所示刀具轨迹,曲面只加工两条限制线以内的部分。

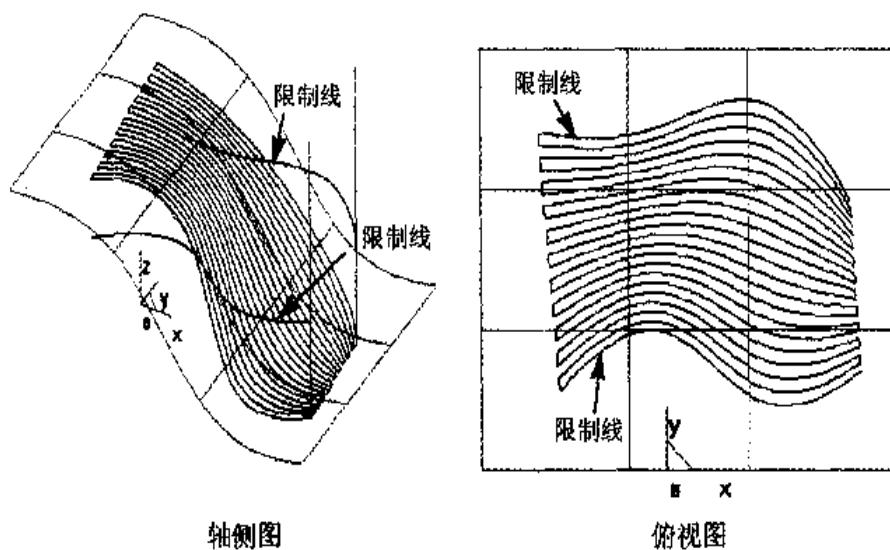


图 3-77

### 3.3.6 曲面轮廓

#### 1. 功能

生成沿一个轮廓线加工曲面的刀具轨迹。轮廓线可封闭或不封闭平面曲线,也可为空间曲线。

#### 2. 参数表说明

选取曲面轮廓菜单条,弹出如图 3-78 所示对话框。对话框内容包括:刀具信息、各种进给速度、加工方式、切削用量、切削参数、轮廓补偿等。

各种参数的含义和填写方法如下。

##### (1) 行距和步长:

- 行距:每行刀位之间的距离。
- 刀次:产生的刀具轨迹的行数。

注意:在其他的加工方式里,刀次和行距是单选,最后生成的刀具轨迹只使用其中的一个参数,而在曲面轮廓加工里刀次和轮廓是关联的,生成的刀具轨迹由刀次和行距两个参数决定,如图 3-79。

此图刀次为“4”,行距为“5”,如果想将轮廓内的曲面全部加工,又无法给出合适的刀次数,可以给一个大的刀次数,系统会自动计算并将多余的刀次删除,如图 3-80。此图给定设置刀次数为“100”,但实际刀具轨迹的刀次数为“8”。

(2) 轮廓精度:拾取的轮廓有样条时的离散精度。

(3) 轮廓补偿:参见平面轮廓部分。





图 3-78

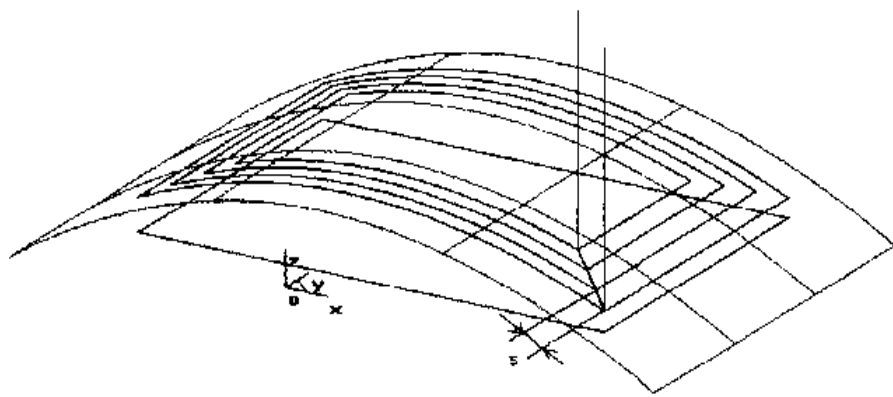


图 3-79

### 3. 操作步骤

- 步骤 1: 填写参数表。

● 步骤 2: 拾取曲面: 填写完参数表格后, 点取确认键, 系统给出提示: 拾取曲面, 提示用户选择被加工曲面, 如下图所示。鼠标右键结束曲面拾取。拾取时可用拾取工具菜单。

● 步骤 3: 拾取轮廓及轮廓走向: 拾取完曲面后, 系统提示: 拾取轮廓。如下图所示, 要求用户给出需加工的轮廓线。当拾取到第一条轮廓线后, 系统提示选择轮廓走向, 此方向表示轮廓线的连接方向, 即下一条轮廓线与此轮廓线的位置关系。如下图所示。选取完方向后, 系统提示: 继续选取曲线。

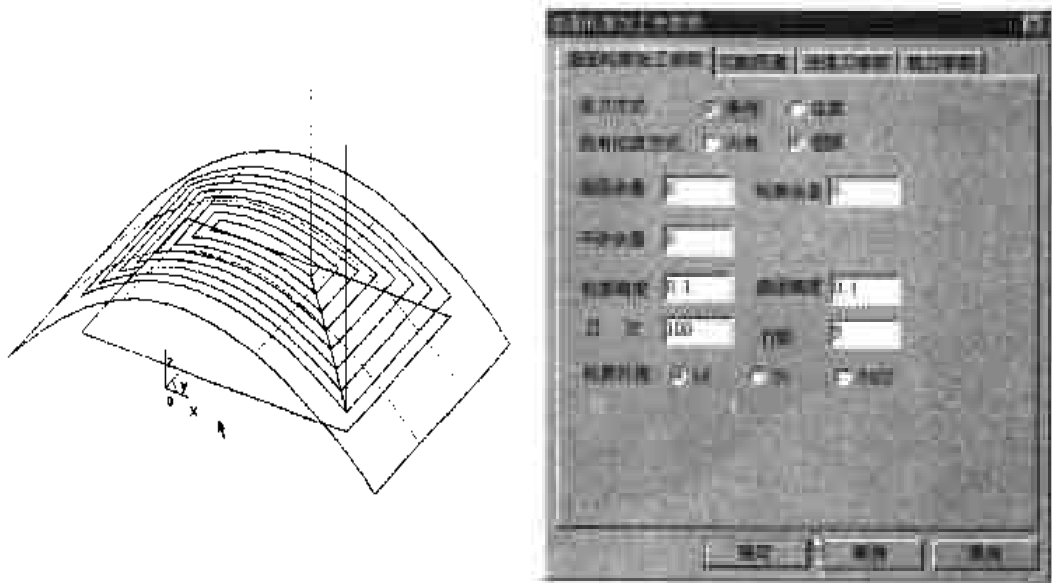


图 3-80

● 步骤 4: 选择区域加工方向: 拾取轮廓线时, 若轮廓线封闭, 则系统自动结束轮廓线拾取状态。若轮廓线不封闭, 可以继续拾取, 直至右键结束。拾取完所需的轮廓线后, 系统接着提示: 选择加工的侧边。此方向表示加工轮廓线的右边还是左边。

● 步骤 5: 生成刀具轨迹。

#### 4. 曲面的轮廓线加工实例(操作步骤)

● 步骤 1: 在 XY 平面作出样条线 A, 在 YZ 上作出样条线 B。将曲线 B 移动到曲线 A 的端点处。在轴侧图上的效果如图 3-81 所示。

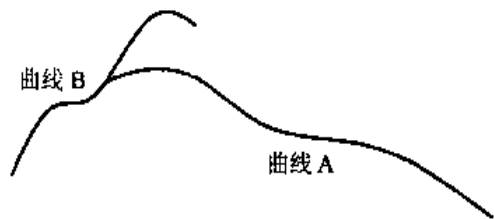


图 3-81

● 步骤 2: 拾取曲面生成中的导动功能, 导动方式为平行导动, 以曲线 A 为导动线, 以曲线 B 为截面线, 生成如图 3-82 所示的样条导动面。

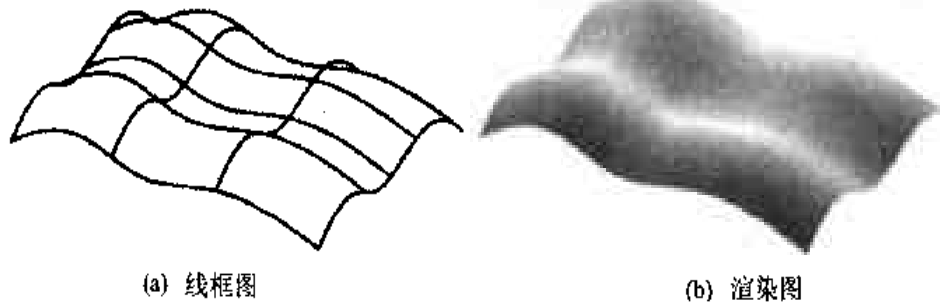


图 3-82

● 步骤 3: 在 XY 平面内绘制一个矩形轮廓(轮廓小于曲面在 XY 上的投影)。

● 步骤 4: 选取曲面轮廓加工方式, 按照以上的说明步骤就可以生成刀具轨迹, 如图 3-83 所示。

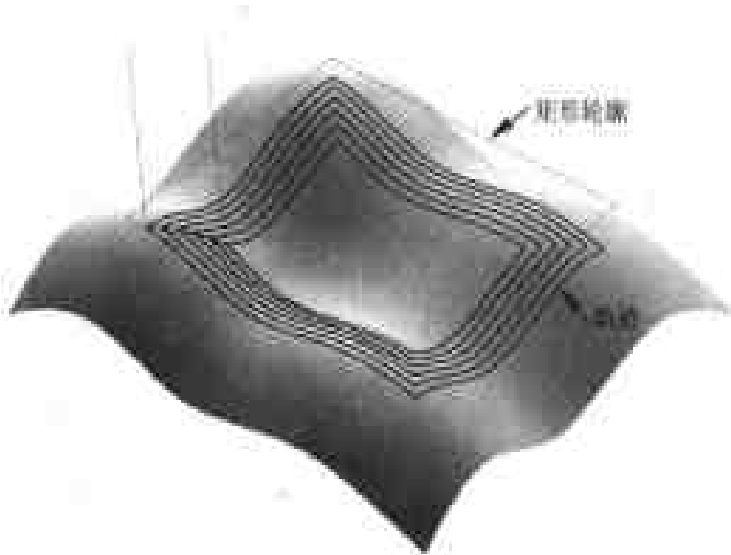


图 3-83

### 3.3.7 曲面区域

#### 1. 功能

生成加工曲面上的封闭区域的刀具轨迹。

#### 2. 参数表说明

选取曲面区域加工菜单项, 弹出如图 3-84 所示对话框。对话框内容包括: 刀具信息、各种进给速度、走刀方式、加工方式、切削用量、切削参数、轮廓补偿、岛补偿等。

各种参数的含义和填写方法如下:

##### (1) 走刀方式

- 平行加工: 刀具以平行走刀方式切削工件, 可以改变生成的刀位与 X 轴的夹角。
- 环切加工: 选择从里向外还是从外向里。

##### (2) 加工方式

参见平面区域。

##### (3) 切削用量

参见平面区域。

##### (4) 切削参数

参见平面区域。

##### (5) 行 距

每行刀位之间的距离。



图 3-84

#### (6) 轮廓精度

拾取的轮廓有样条时的离散精度。

#### (7) 补偿

参见平面轮廓。

#### (8) 轮廓清根、岛清根

参见平面区域加工。

### 3. 操作步骤

此例使用曲面区域加工,区域内有两个不加工的岛,走刀方式为平行加工,岛需要清根。

- 步骤 1:填写参数表,如图 3-85。

- 步骤 2:拾取曲面

填写完参数表格后,拾取确认键,系统给出提示:拾取曲面,提示用户选择被加工曲面。此时拾取被加工曲面,再按鼠标右键结束曲面拾取。

- 步骤 3:拾取轮廓线及轮廓线走向

拾取完曲面后系统提示:拾取轮廓。轮廓线的拾取可以采用矢量工具菜单。用单个拾取方式时,拾取到一条轮廓线后,系统给出表示轮廓线拾取方向的双箭头,要求用户选择拾取方向。按照箭头方向的指示选取轮廓线,在拾取轮廓线的过程中,系统自动判断轮廓线的封闭性。

- 步骤 4:岛的拾取

轮廓完全封闭后,系统接着提示:拾取第 1 个岛。拾取到一个岛后,系统会提示拾取第 2

个岛,鼠标右键结束岛的拾取。

● 步骤 5:生成刀具轨迹

此后系统生成刀具轨迹如图 3-86 所示。



图 3-85

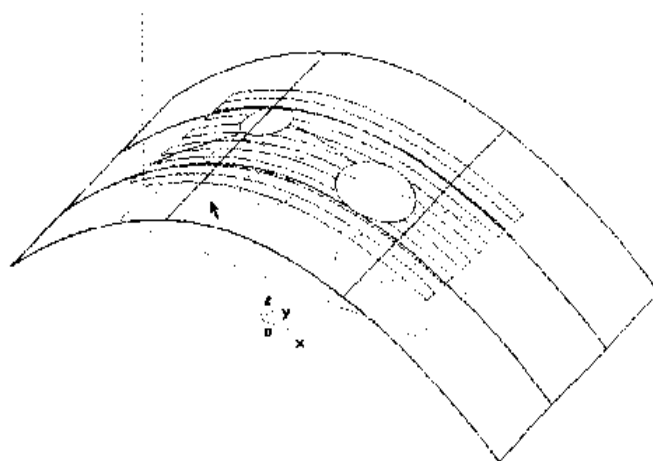


图 3-86

### 3.3.8 曲线加工

#### 1. 功能

生成切削三维曲线的刀具轨迹。

#### 2. 参数表说明

选取曲线加工菜单项,弹出如图 3-87 所示对话框。对话框的内容包括:刀具信息、各种进给速度、加工方式、切削用量、切削参数等。

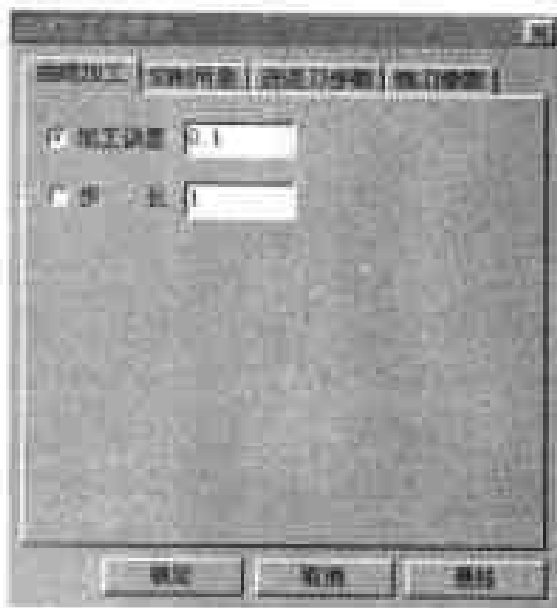


图 3-87

本系统提供步长和误差两种定义方式:

- 加工误差:加工后,满足给定的加工误差。
- 步长:给定步长加工。

注意:在曲线加工里,对于球刀其加工轨迹为球心轨迹,对于端刀其加工轨迹为刀底中心轨迹。

#### 3. 操作步骤

- 步骤 1:填写参数表
- 步骤 2:拾取曲线

填写完参数表格后,拾取确认键,系统给出提示:拾取曲线,提示用户选择加工曲线,如下图所示。当拾取到曲线时,该曲线自动变为红色的虚线,系统提示用户继续拾取曲线,拾取完需要加工的曲线后,用鼠标右键确认。确认后,系统经过计算给出刀具轨迹,如图 3-88。

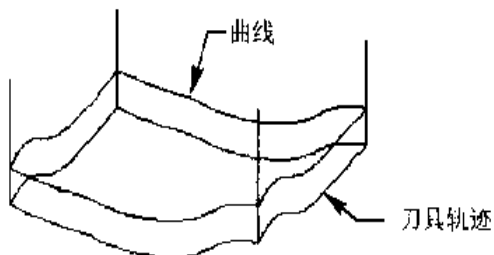


图 3-88

### 3.3.9 等高粗加工

#### 1. 功能

生成大量去除毛坯材料的刀具轨迹。

#### 2. 参数表说明

选取粗加工菜单条,弹出如图 3-89 所示对话框。对话框的内容包括:刀具信息、各种进给速度、加工方式、切削用量、切削参数等。

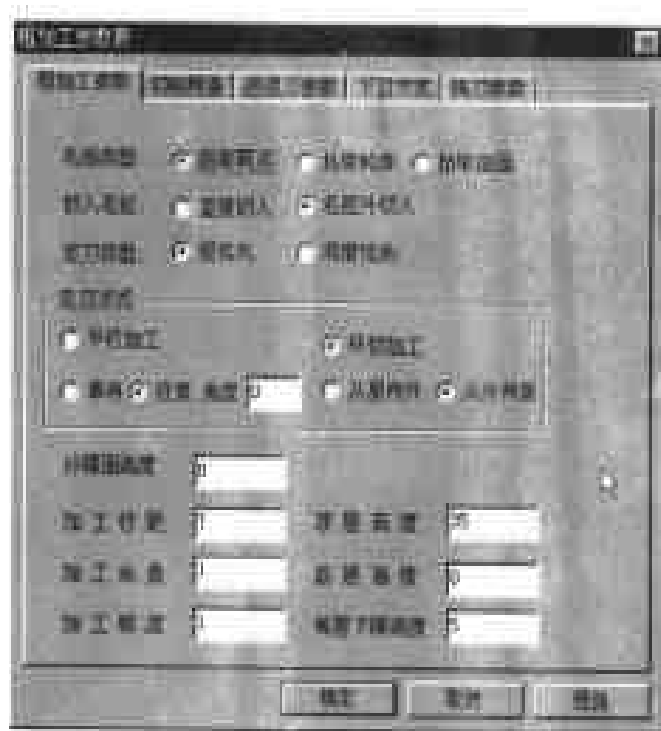


图 3-89

#### (1) 毛坯类别

● 拾取两点,指两角点形成的长方体作为毛坯,如图 3-90。两角点为长方体的对角点,而不是矩形的对角点。

● 拾取轮廓,指由轮廓、顶层高度和底层高度围成的毛坯,如图 3-91。

● 拾取曲面,主要针对锻造件和铸造件,拾取一系列曲面模型作为毛坯,如图 3-92。

#### ● 切入毛坯

➢ 直接切入,即直接切入所定义的毛坯,如图 3-93(a)。

➢ 毛坯外切入,即从所定义的毛坯外切入,如图 3-93(b)。

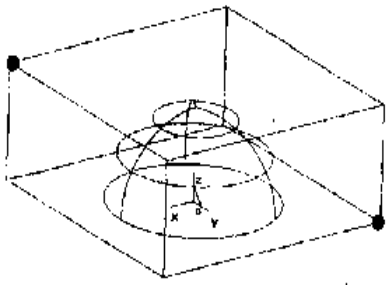


图 3-90

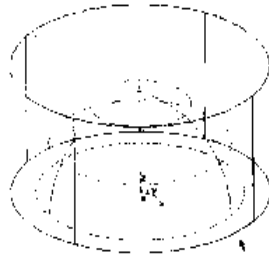


图 3-91

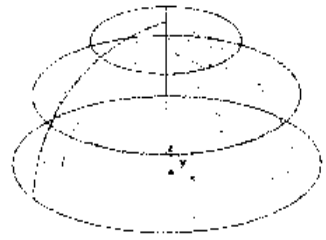


图 3-92

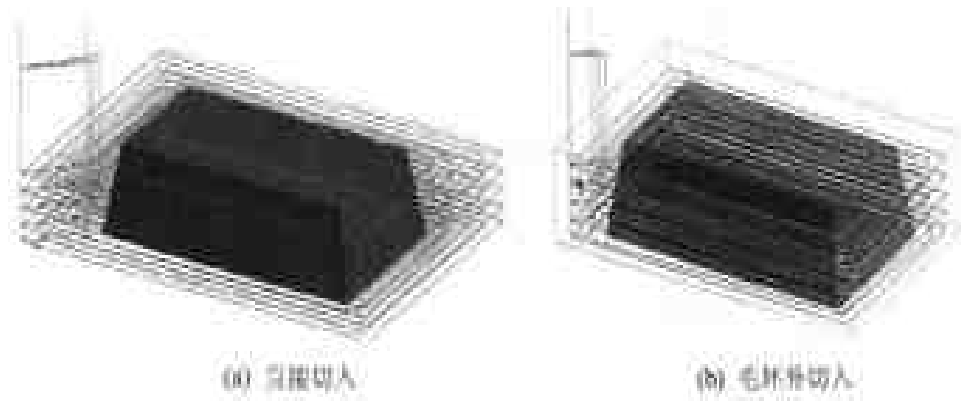
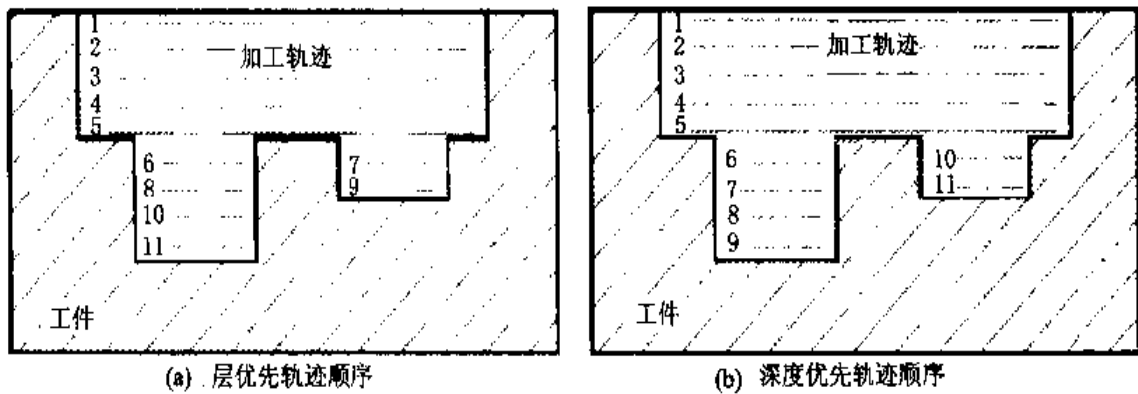


图 3-93

(2) 走刀类型

● 层优先:在粗加工里,对于有凸、凹槽的零件,如选用层优先,则产生的加工轨迹是将这一层所有的内外型均加工完后再加工下一层。

● 深度优先:在粗加工里,对于有凸、凹槽的零件,如选用深度优先,则在加工到凹型部分时,先将这一部分的深度加工完再加工其他部分。



(a) 层优先轨迹顺序

(b) 深度优先轨迹顺序

图 3-94



### 3. 使用粗加工的技巧

- 用户若选择环切,在粗加工凸模时,最好选“从外向里”选项;在加工凹模时,最好选“从里向外”选项。若不能确定是凸模还是凹模,选“从外向里”选项。这样能保证刀具从材料外进刀。
- 粗加工最好用端刀。若用球刀,第一刀的吃刀量很大,不利于切削。
- 粗加工最好用往复切削。往复切削效果好,且空刀时候少。往复切削的行距可以达到刀具直径的 70%,环切达不到。

### 4. 小汽车模型的粗加工实例(操作步骤)

- 步骤 1:参数设置,如图 3-95。

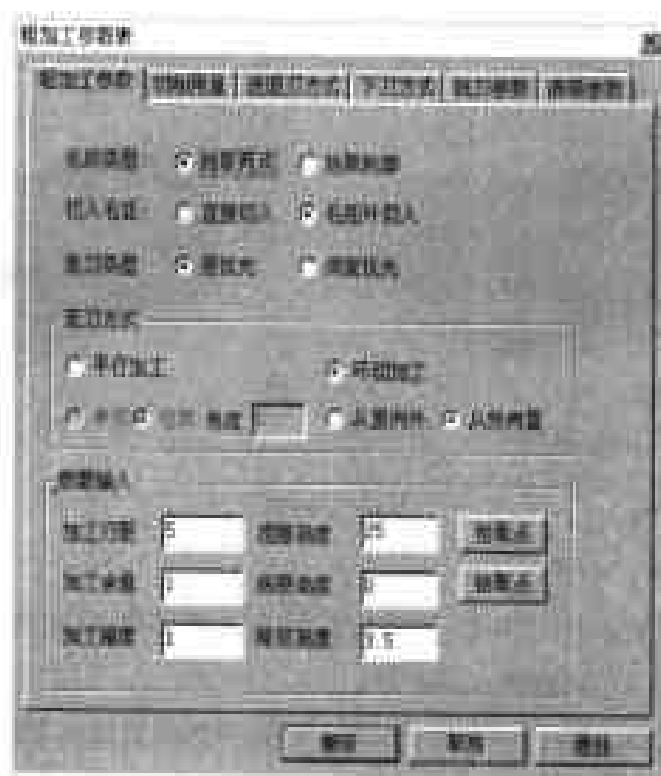


图 3-95

- 步骤 2:拾取两角点,定义毛坯形状。
- 步骤 3:切换加工方向。
- 步骤 4:拾取所有的加工曲面。
- 步骤 5:轨迹生成。

按鼠标右键结束。系统将粗加工轨迹生成,如图 3-96。

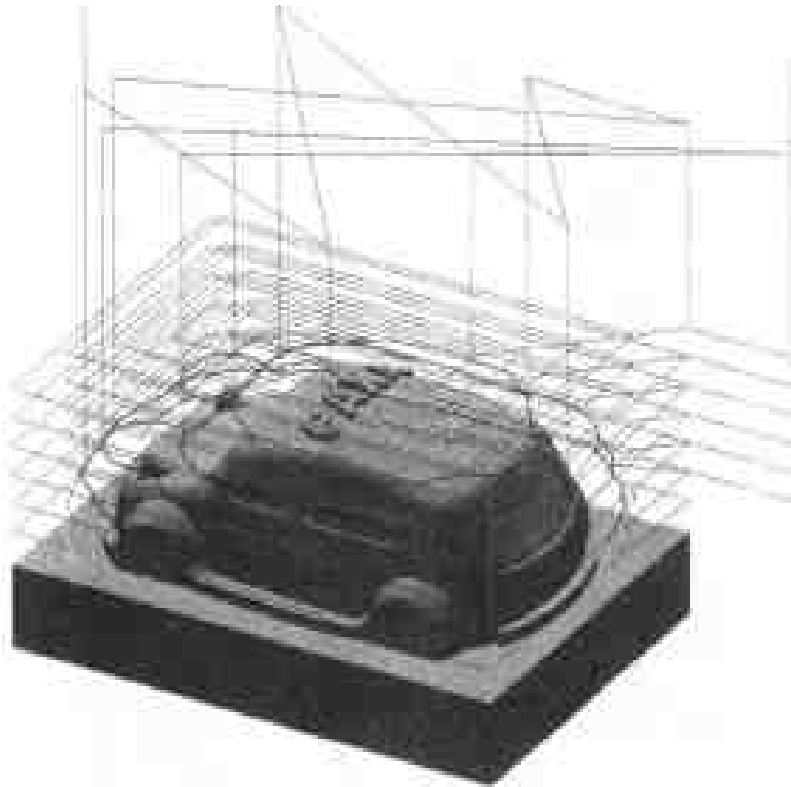


图 3-96

### 3.3.10 钻 孔

#### 1. 功 能

实现各种循环指令,可钻孔、镗孔、攻丝等。

#### 2. 造作说明

从应用菜单选择轨迹生成中的钻孔加工,系统弹出如图 3-97 的对话框。

#### 3. 钻孔参数说明

- 主轴转速:机床主轴的转速,单位  $r/min$ 。
- 钻孔速度:既钻孔的进给速度,单位  $mm/min$ 。
- 安全高度与起止高度同前面各种参数的设定。
- 钻孔深度:孔的深度为相对值,相对于所给定的钻孔点坐标。
- 下刀余量:当钻下一个孔时,刀具从前一个孔顶端抬起量。
- 暂停时间:只对攻丝起作用,在工件底部的停留时间。
- 下刀增量:深孔钻、啄式钻的每次进刀量,镗孔时的侧进量。
- 钻孔位置定义方式
  - ▶ 输入点位置:可用点捕捉功能(按空格键弹出),捕捉圆心、直线端点等;

➤ 拾取存在点:可拾取事先做出的点。

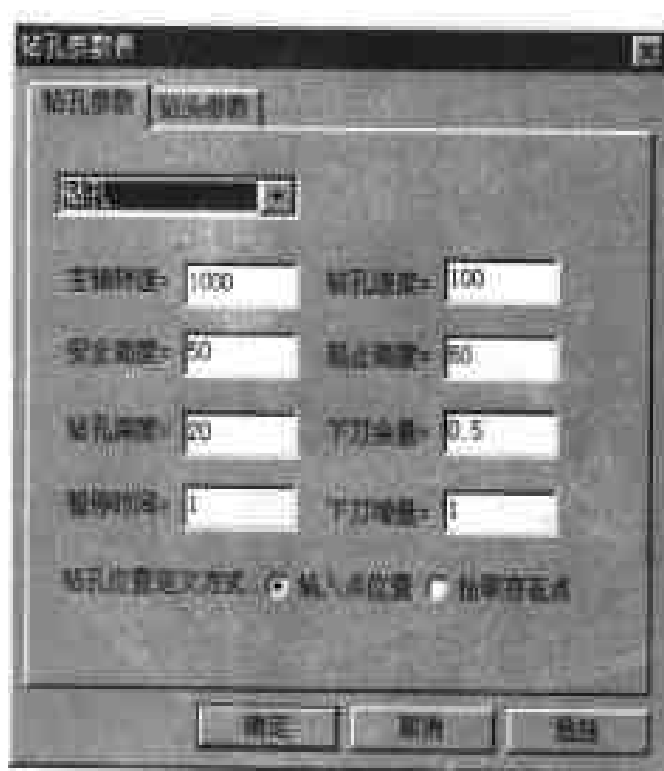


图 3-97

#### 4. 钻孔实例

(1) 要求:如图 3-98 在圆心上(圆心的 Z 坐标为 -30)钻直径“10”,深“20”的孔。

(2) 操作步骤

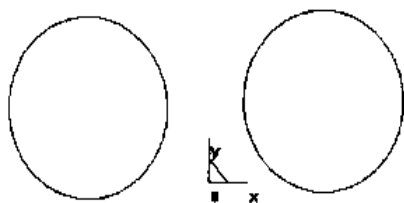


图 3-98

- 步骤 1:选择应用菜单下的轨迹生成中的钻孔。
- 步骤 2:填写参数表,其中点拾取方式选输入存在点,如图 3-99 注意下刀余量的值。
- 步骤 3:系统提示拾取点,按空格键弹出点捕捉菜单,选圆心后,在两圆上分别点取。
- 步骤 4:点按鼠标右键确认,则生成代码。

注意:有时需要打一系列同样深度的孔,可只做出一个点,通过阵列得到其他点,然后把钻孔位置定义方式选为拾取存在点,通过一次框选选取所有点,如图 3-100 所示。



图 3-99

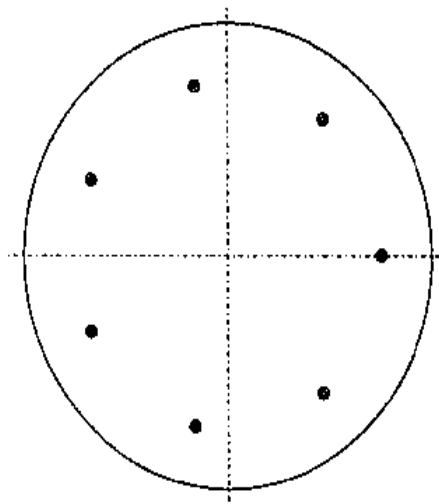


图 3-100

### 3.3.11 投影加工

#### 1. 功能

将已有的刀具轨迹投影到待加工曲面生成该曲面的加工轨迹,原有轨迹决定投影轨迹的 X 向、Y 向的加工走向,加工曲面决定 Z 走向。

## 2. 操作说明

其加工参数的含义与前所述的一样,如图 3-101。

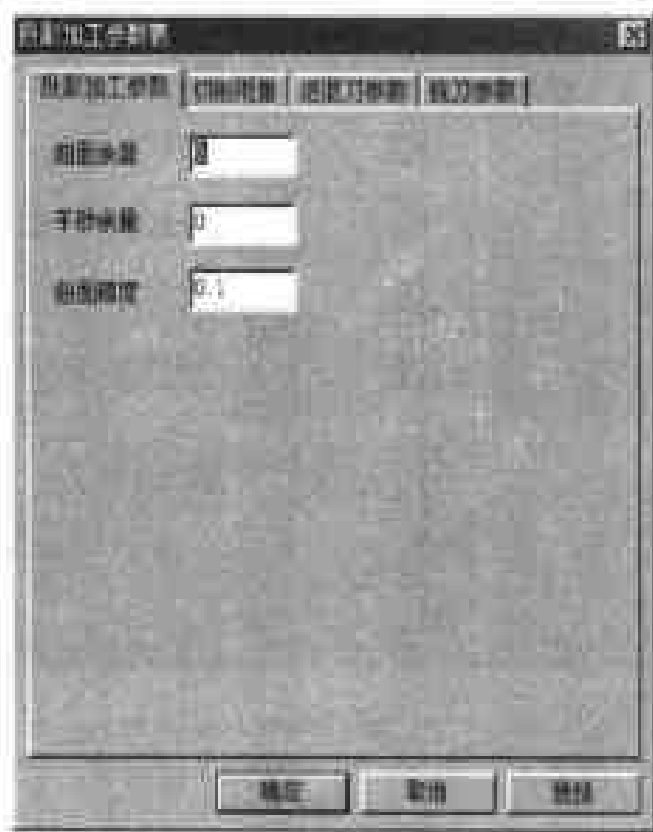


图 3-101

## 3. 投影加工实例

(1) 要求:作如图 3-102 所示造型。

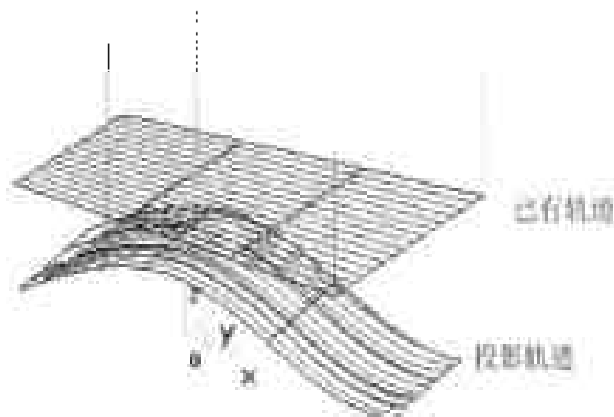


图 3-102

## (2) 操作步骤

- 步骤 1:生成直纹面。
- 步骤 2:用参数线加工方式加工此直纹面,生成轨迹。
- 步骤 3:选择投影加工,填写参数表,点按确定。
- 步骤 4:系统提示拾取轨迹,拾取已有轨迹。
- 步骤 5:提示拾取曲面,选取下面待加工曲面,可拾取多个曲面。
- 步骤 6:拾取干涉曲面,如无,鼠标右键确认。
- 步骤 7:点按鼠标右键,系统生成轨迹。

## 3.3.12 等高精加工

## 1. 功能

按等高距离下降,一层层地加工,适用于较陡面的加工。

## 2. 操作步骤

- 步骤 1:从应用菜单下的轨迹生成中选择等高线加工,如图 3-103 所示。

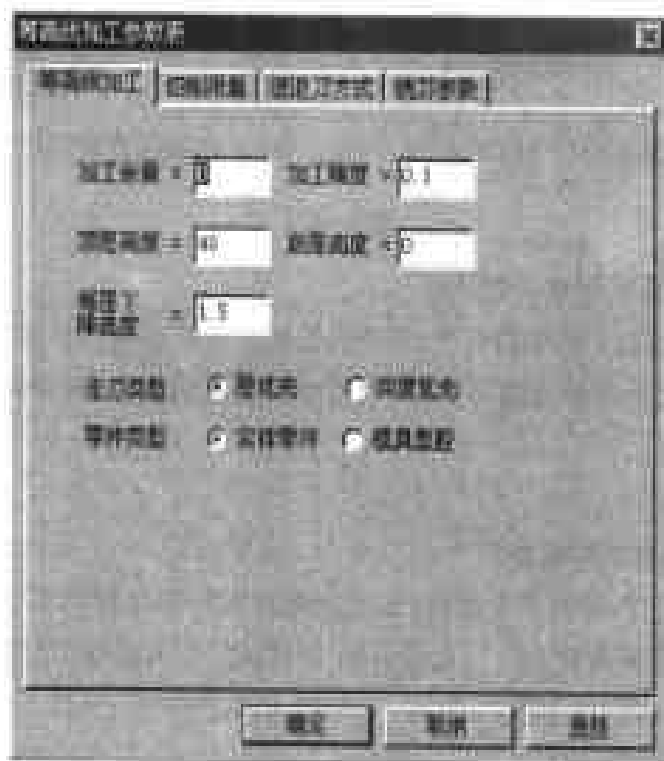


图 3-103

- 步骤 2:填写加工参数。
- 步骤 3:确定后,系统提示拾取曲面,可拾取多个曲面。
- 步骤 4:拾取完毕后,点按鼠标右键,则生成轨迹。

#### 4. 等高加工参数说明

##### (1) 走刀类型

● 层优先:在粗加工里,对于有凸、凹槽的零件,如选用层优先,则产生的加工轨迹是将这一层所有的内外型均加工完后再加工下一层。

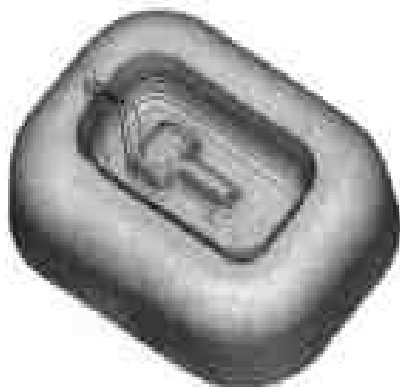
● 深度优先:在粗加工里,对于有凸、凹槽的零件,如选用深度优先,则在加工到凹型部分时,先将这一部分的深度加工完再加工其他部分。

##### (2) 零件类型

实体零件和模具型腔,如图 3-104。



(a) 选择“实体零件”加工结果



(b) 选择“模具型腔”加工结果

图 3-104

#### 4. 等高加工与曲面区域加工的区别

等高线与曲面区域加工的区别在于,等高线加工在较陡面有较多的刀次,而曲面区域则是固定的行距,在平缓部分有较多的刀次,所以对要求较高的曲面,常常需采用多种加工方式。如图 3-105 所示。

#### 5. 等高加工实例

加工如图 3-106 所示的造型。

刀具使用 R2 球头刀,等高加工参数:加工余量为“0”,加工精度为“0.1”,顶层高度“30”,底层高度为“0”,每层下降高度为“1”,走刀类型“层优先”,零件类型“实体零件”。

生成的实体造型如图 3-107。

生成加工轨迹如图 3-108。

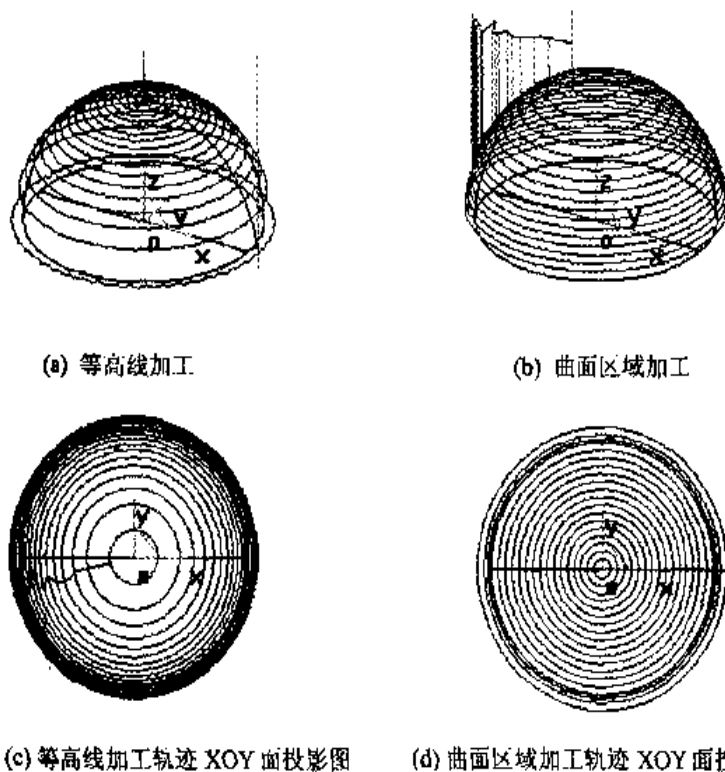


图 3-105

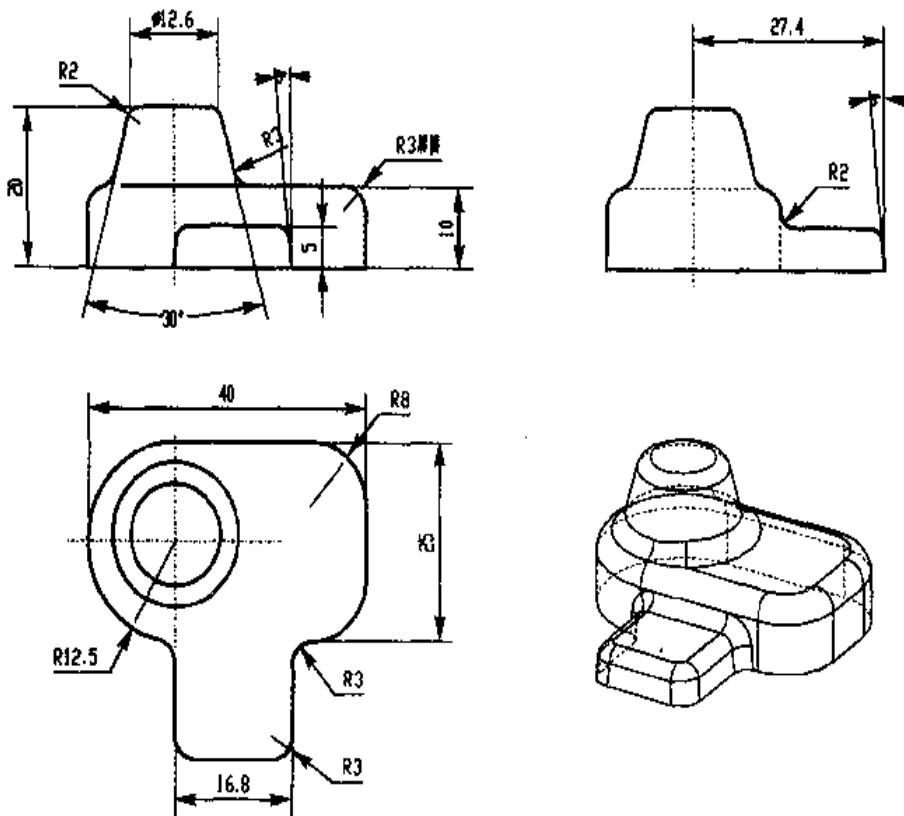


图 3-106





图 3-107



图 3-108

### 3.3.13 等高精加工的补加工

#### 1. 功能

基于留量加工的算法,针对等高加工的残余量进行补加工。2001年CAXA新版本中将此功能并入等高精加工中。

#### 2. 操作步骤

- 步骤 1:从应用菜单下的轨迹生成中选择等高线加工,如图 3-109。
- 步骤 2:填写加工参数。
- 步骤 3:按确定后,系统提示:拾取刀具轨迹,此时应当拾取需要补加工的等高线加工轨迹。
- 步骤 4:正确拾取轨迹后,系统提示:拾取加工曲面,用鼠标点取被加工曲面或实体(必须是等高加工的对象),拾取结束后按鼠标右键结束。系统自动生成补加工轨迹。

注意:等高补加工是根据等高加工轨迹和等高加工对象(曲面或实体),计算加工余量后进行的补加工。所以在做等高补加工时,所选取的等高加工轨迹必须是完整的(未经过轨迹编辑、平移等处理的),且等高加工的原始目标不得被改动(删除或编辑),否则等高补加工无法生成。

#### 3. 参数说明

- 拐角过渡方式:等高加工补加工为二维加工轨迹,其拐角过渡方式也以二维相同。
- 加工精度:曲面精度是针对被拾取曲面的提取精度,轮廓精度指二维加工轨迹生成时轮廓的精度。系统先按曲面精度离散,然后计算轮廓精度。如果曲面精度低,轮廓精度再高也无效。

#### 4. 等高线补加工实例

以上一节的等高加工基础为例。等高补加工参数设定为:环切从外向里,拐角过渡方式圆弧,曲面精度“0.1”,曲面轮廓精度“0.1”,行距“0.5”,曲面余量“0”,干涉余量“0”。

加工生成轨迹如图 3-110 所示。



图 3-109



图 3-110

## 3.4 轨迹编辑

轨迹编辑是对已经生成的刀具轨迹的刀位行或刀位点进行增加、删减、仿真等。系统提供多种刀具轨迹编辑和仿真手段,主要用于对生成的刀位进行必要的调整或在实际加工之前在计算机上对刀具的运动情况进行模拟仿真。系统提供包括刀位裁剪、刀位反向、插入刀位、删除刀位、清除抬刀、轨迹打断、轨迹连接、两点间抬刀、轨迹仿真(线框连续、线框手动和真实感仿真)等手段。

### 3.4.1 刀位裁剪

#### 1. 功能

用曲线对三轴刀具轨迹在 XY 面进行裁剪。

## 2. 操作说明

(1) 裁剪的精度由立即菜单给出, 裁剪方式有三种。

- ON 方式: 裁剪后, 临界刀位点在裁剪线上。如图 3-111(a) 所示, 上图为裁剪前的刀具轨迹, 下图为裁剪后的刀具轨迹。

- TO 方式: 裁剪后, 临界刀位点未到裁剪线一个刀具半径(对着 Z 轴看)。如图 3-111(b) 所示, 上图为裁剪前的刀具轨迹, 下图为裁剪后的刀具轨迹。

- PAST 方式: 刀位裁剪后, 临界刀位点超过裁剪线一个刀具半径(对着 Z 轴看)。如图 3-111(c) 所示, 上图为裁剪前的刀具轨迹, 下图为裁剪后的刀具轨迹。

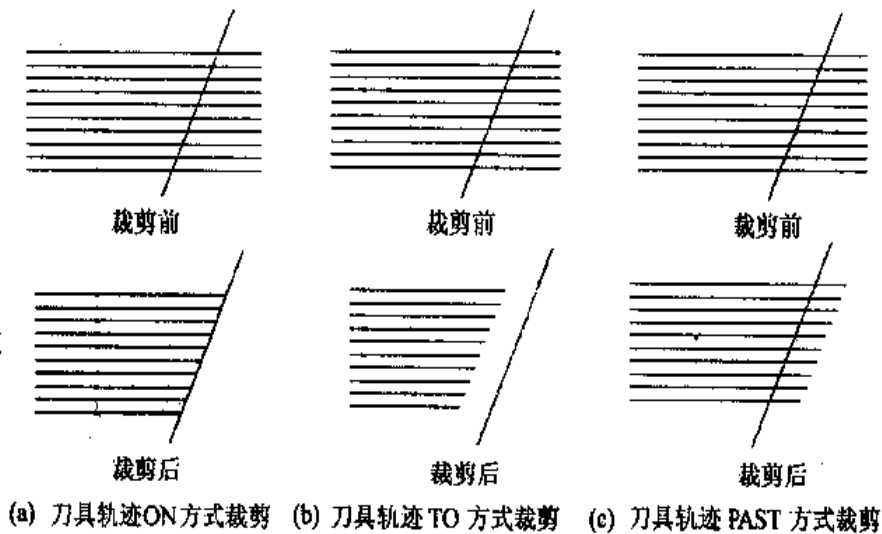


图 3-111

- 步骤 1: 拾取刀具轨迹: 进入功能后, 系统要求拾取 3 轴刀具轨迹。用户需在需保留的刀具轨迹部分拾取。

- 步骤 2: 拾取裁剪线。拾取刀具轨迹后, 系统接着提示: 拾取裁剪线。拾取后系统即对刀具轨迹进行由立即菜单规定形式的裁剪, 如图 3-112 所示。

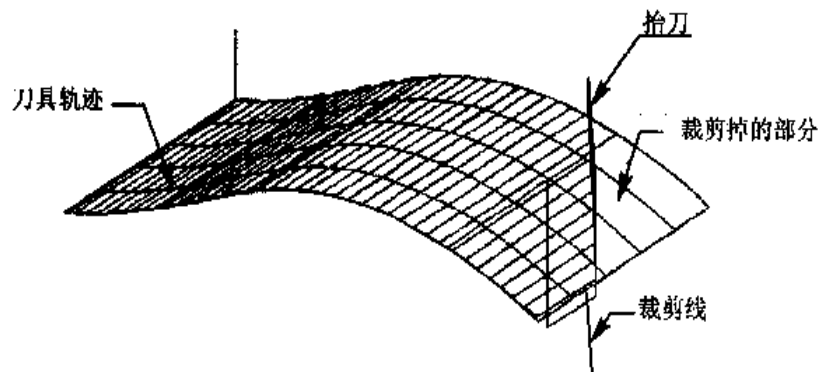


图 3-112

注意:

- 刀位裁剪时,裁剪掉的刀位点之间采用抬刀方式连接,如果需要,可利用清除抬刀功能清除其间的抬刀点。

- 拾取刀具轨迹时的拾取点决定了裁剪后需保留的刀位。

### 3. 轨迹裁剪实例

利用刀具轨迹裁剪对曲面岛区域刀具轨迹进行裁剪。曲面为样条扫描面,其中有两个岛 A 和 B,要求岛投影到该曲面内的区域不需要加工。

用户可以利用前面介绍的曲面区域的方法生成不加工岛区域的刀具轨迹。这里介绍如何利用刀具轨迹裁剪方法实现有岛的曲面区域的刀具轨迹的编辑,以达到不加工岛区域的目的。操作方法和步骤如下。

- 步骤 1:曲面生成:在 XZ 平面内生成一条样条线,用扫描的方式以此样条线为截面线,扫描出一张曲面。

- 步骤 2:岛的生成。设曲面上的岛在平面 XY 上的投影为圆 A 和 B。

- 步骤 3:刀具轨迹的生成。拾取参数线加工方式,步长和行距可根据实际情况设定,生成刀具轨迹时的步骤和方法可以参考前面的说明。

- 步骤 4:刀具轨迹裁剪。拾取刀位编辑功能中的裁剪项,考虑到刀具半径,所以裁剪方式应选取 TO 方式。裁剪线是岛的投影线,即投影到 XY 平面上的圆,请注意,拾取刀具轨迹时,应拾取岛以外的部分。裁剪后如图 3-113 所示。

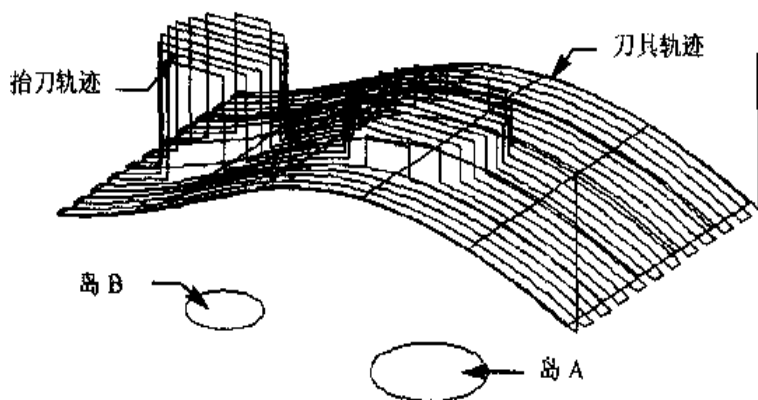


图 3-113

- 步骤 5:如图 3-114 所示为用曲面区域的方式加工有岛区域的前面。不同的是,以裁剪的方式生成刀具轨迹时,在岛附近存在抬刀轨迹。可用清除抬刀功能清除轨迹中的抬刀,用曲面区域生成有岛的曲面刀具轨迹。

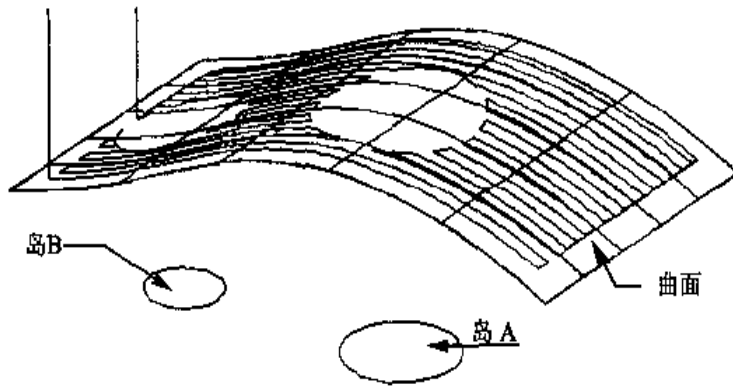


图 3-114

### 3.4.2 刀位反向

#### 1. 功能

对生成的刀具轨迹(两轴和三轴)中刀具的走向进行反向,以实现加工中顺逆铣的互换。

#### 2. 操作说明

刀具轨迹的反向方式有两种。

- 按行反向:将刀具轨迹的某一行顺逆铣颠倒,如图 3-115 所示。

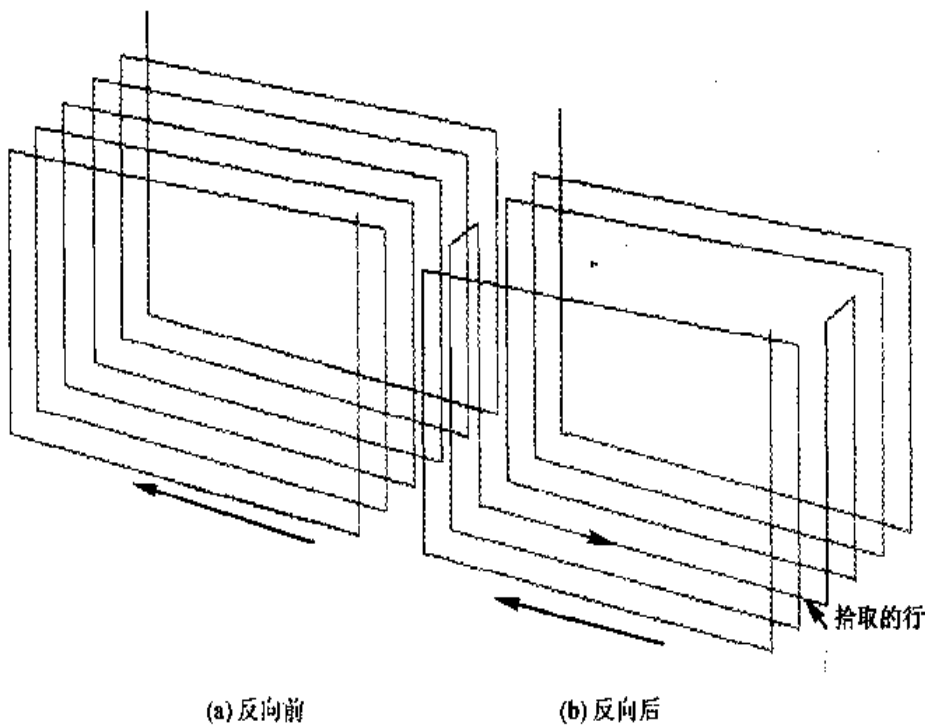


图 3-115

- 整体反向:将整个刀具轨迹的顺逆铣颠倒。整体反向后,刀具轨迹方向相反,刀具的进

出刀位点完全互换,如图 3-116 所示。

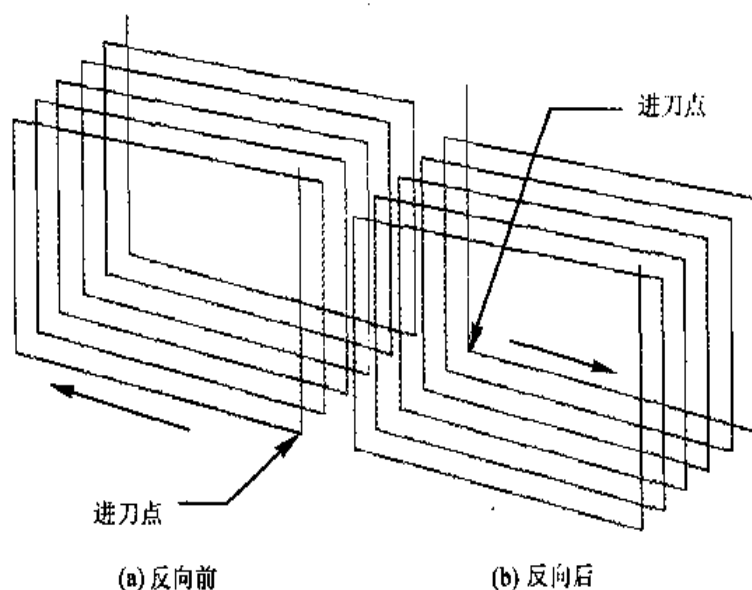


图 3-116

当用户选取刀位反向功能后,系统提示:拾取刀具轨迹。要求用户拾取需要反向的刀具轨迹。拾取刀具轨迹后,系统按立即菜单规定分方式给出反向后的刀具轨迹。

注意:

- 刀位反向具有很强的实际意义,在作刀具轨迹生成时,由于刀具轨迹的方向与拾取曲面轮廓的方向、岛的方向以及加工时的进给方向等都有很大关系,所以有时生成的刀具轨迹在实际加工过程中的刀位方向不太理想。这时利用刀位反向功能就能方便地实现实际加工中的这类需要。

- 反向后可能会导致进刀点的变化,用户需注意。

### 3.4.3 插入刀位

#### 1. 功能

在三轴刀具轨迹中某刀位点处插入刀位点。

#### 2. 操作说明

刀位点插入方式有两种:前和后。

- 前:在拾取的刀位点前插入一个刀位点,如图 3-117 所示。图 3-117(a)为插入前的轨迹,从 A 点到 C 点为刀具轨迹,B 点为插入的点,参考点为 C 点,即 B 点插入在 C 点之前,插入 B 点后刀具轨迹变为从 A 点到 B 点再到 C 点,插入的结果如图 3-117(b)所示。

- 后:在拾取的刀位点后插入一个刀位点。如图 3-117 所示,图 3-117(a)为插入前的轨迹,从 A 点到 C 点为刀具轨迹,B 点为插入的点,参考点为 A 点,即 B 点插入在 A 点之后,

插入 B 点后刀具轨迹变为从 A 点到 B 点再到 C 点,插入的结果如图 3-117(b)所示。

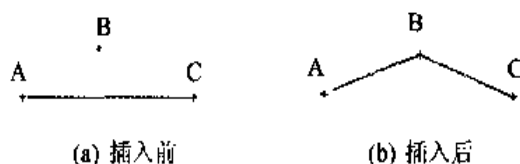


图 3-117

### 3. 操作步骤

● 步骤 1:拾取参考点。当用户选取插入刀位功能后,系统提示:拾取刀位点。要求用户拾取需要插入刀位点的参考点。

● 步骤 2:拾取插入点。拾取参考点之后,系统接着提示:输入点。提示用户输入需要插入的点。输入点后系统给出插入的结果。如图 3-118 所示。

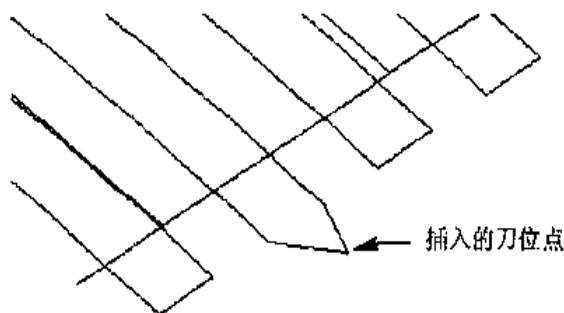


图 3-118

注意:

- 插入刀位点只能对三轴刀具轨迹进行。
- 用户需保证插入的刀位不至发生过切。

#### 3.4.4 删除刀位

##### 1. 功能

删除三轴刀具轨迹的某一点或一行。

##### 2. 操作说明

刀位点删除方式有两种:按刀位点和按行:

● 按刀位点方式:删除拾取的刀位点。删除某一点后,刀具从删除点的前一点直接以直线方式加工到删除点的后一点,从而跳过此删除点。如图 3-119 所示,删除的点是 A 点和 B 点。结果是被删除点的前后点连接在一起。

● 按刀位行方式:删除拾取的刀位点所在的行。拾取被删除行上的任意一点,就能删除

此行。删除该行后,被删除行的刀位起点和下一行的刀位起点连接在一起。如图 3-120 所示,图 3-120(a)为删除前的刀具轨迹,图 3-120(b)为删除后的刀具轨迹。

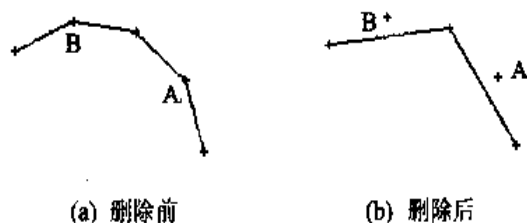


图 3-119

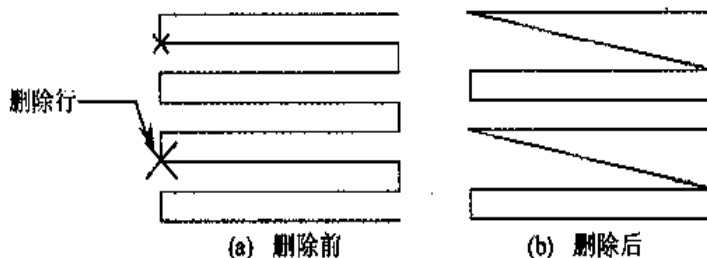


图 3-120

当用户选取删除刀位功能后,系统提示:拾取刀位点。要求用户拾取需要删除的刀位点。拾取刀位点后系统按立即菜单给定的方式进行删除。

注意:

- 删除刀位的操作只能对三轴刀位进行。
- 若刀位点所在的行只有两个刀位点,则不能删除这两个刀位点。
- 用户应保证删除刀位后不至发生过切。

### 3.4.5 清除拾刀

#### 1. 功能

清除刀具轨迹中的拾刀点。

#### 2. 操作说明

当用户选取清除拾刀功能后,系统提示:拾取三轴刀具轨迹。要求用户拾取需要清除拾刀点的三轴刀具轨迹。当用户选择了如图 3-121 所示的刀具轨迹后,系统把拾刀点之间用直线连接起来。清除拾刀后的刀具轨迹如图 3-122 所示。

注意:

- 清除拾刀点之后,两刀位点之间直线连接,用户必需能够保证不过切。





图 3-121



图 3-122

● 刀位裁剪时裁剪掉的刀位点之间采用拾刀方式连接,如果需要,可利用此功能清除其间的拾刀点。有时在生成刀具轨迹时,特别是对于有干涉曲面及岛的情况下,系统生成的刀具轨迹可能会拾刀,如果用户在保证安全的情况下,也可以利用此功能删除其中的拾刀点。

### 3. 清除拾刀特殊用法实例

#### (1) 对单向参数线加工中特殊形体清除拾刀

清除拾刀在某些情况下非常有用,如对凸台或凹腔侧壁的参数线单向加工的处理。如图 3-123 是一个凸台,对其侧壁进行参数线进行单向加工,加工后在曲面闭合处将会有很多拾刀点,这些拾刀点在实际加工中很影响加工效率。使用全部清除拾刀方式,将会很好地提高实际加工的效率。

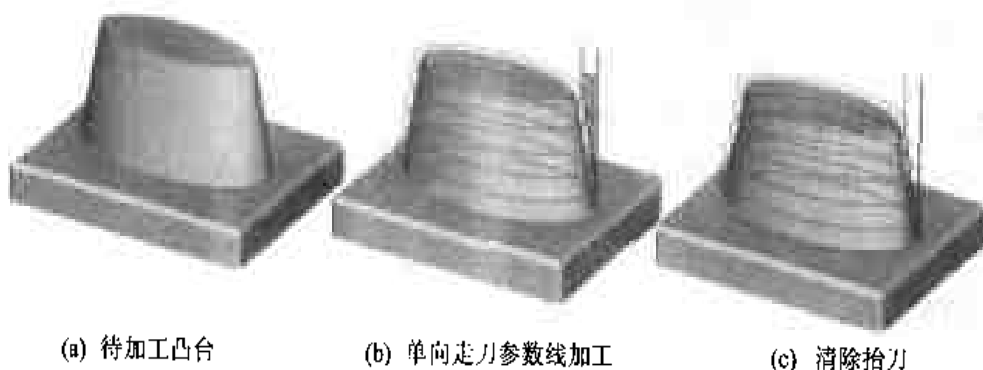


图 3-123

注意:上述用法中,要求参数线加工的行距足够小,否则对有些曲面清除拾刀后会产生过切现象。

#### (2) 对裁减曲面形成的自动拾刀的清除

对于裁剪曲面,使用参数线加工时,在被裁剪的边界处会产生很多拾刀点,这些拾刀点可以用清除拾刀去除,如图 3-124 所示。必须注意过切问题,对凹型表面一般不会产生过切,对于凸型表面就会过切,这在使用中一定要注意。

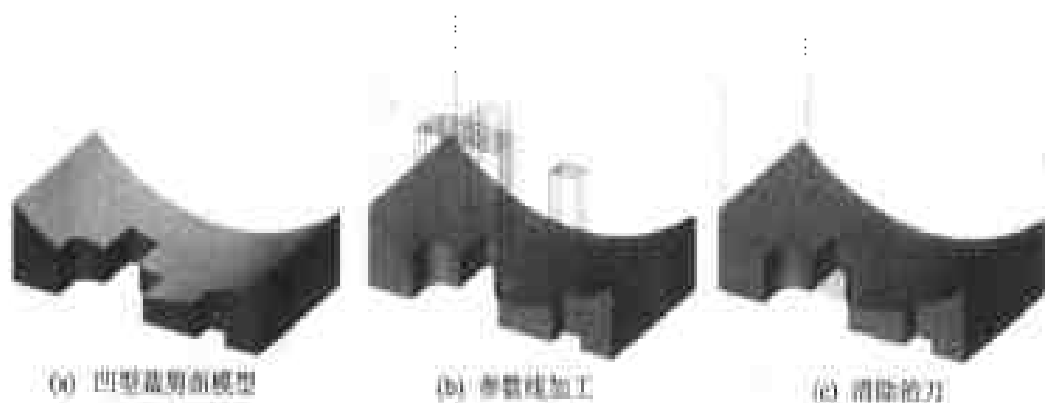


图 3-124

### 3.4.6 轨迹打断

#### 1. 功能

打断两轴或三轴刀具轨迹,使其成为两个独立的刀具轨迹。

#### 2. 操作说明

当用户选取轨迹打断功能后,系统在信息提示区给出提示:拾取刀具轨迹。要求用户拾取需要打断的刀具轨迹。当用户选择了如图 3-125 所示刀具轨迹后,系统提示:拾取刀位点,注意,刀位点只能在拾取的刀具轨迹上,如图 3-125。

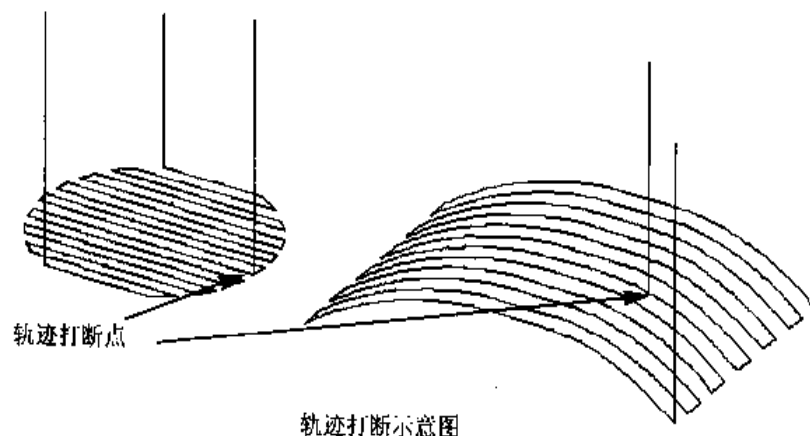


图 3-125

### 3.4.7 轨迹连接

#### 1. 功能

将多段独立的两轴或三轴刀具轨迹连接在一起。注意:轨迹的刀具必须相同。

#### 2. 操作说明

当用户选取轨迹连接功能后,系统在信息提示区给出提示:拾取刀具轨迹。要求用户拾取

刀具轨迹。然后,系统继续提示:拾取刀具轨迹,直到用户用鼠标右键中断。

注意:若拾取的第一条刀具轨迹是两轴刀具轨迹,则接下来拾取的均要是两轴刀具轨迹;若拾取的第一条刀具轨迹是三轴刀具轨迹,则接下来拾取的均要是三轴刀具轨迹;且所使用的刀具要相同。

### 3.4.8 两点间抬刀

#### 1. 功能

拾取三轴刀具轨迹的两点,则位于这两点间的所有点均拾刀。即刀具在这两点间不切削而作快速移动。

#### 2. 操作说明

当用户选取两点间抬刀功能后,系统在信息提示区给出提示:拾取刀具轨迹。要求用户拾取三轴刀具轨迹。然后,拾取位于此刀位轨迹上的两刀位点。

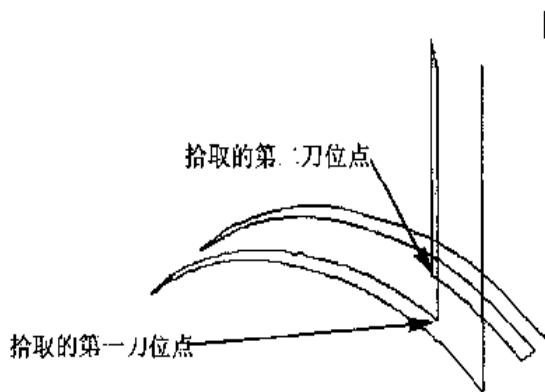


图 3-126

## 3.5 刀具库与机床后置及代码生成

### 3.5.1 刀具库与机床的关系

每个企业在管理刀具上会有所不同。有的是根据机床划分(每一个机床建立一个刀具库),有的是统一使用一个刀具库。

CAXA 制造工程师安装后,会自动在制造工程师目录中建立一个刀具库文件 toolpara.cfg。如果不删除这个文件,CAXA 制造工程师软件系统将会在所有的机床系统中使用这个唯一的刀具库。

如果将 toolpara.cfg 文件删除,CAXA 制造工程师会自动按机床建立刀具库,即每一种机床附带一个刀具库。如果用户在后置处理中选择不同的机床,其刀具库将随机床而变化。如

在机床名称为“FANUC”下的刀具库中建立一个带有“R3”球头刀的刀具,在机床“Siemens”下的库中就有可能没有此刀具。这样做的好处是,在使用加工中心时,只要选择不同的机床,其刀具库将自动转换过来,而不会发生刀具混淆。如在同一台计算机上安装 CAXA 制造工程师软件,为多台加工中心编程,只要选择不同的机床,就可以选择相应刀具库中的刀具,生成代码时,系统自动按相应的后置输出。

### 3.5.2 机床设置

CAXA 加工软件的后置系统大部分是开放的,允许用户根据机床的不同进行设置。其 CAXA 制造工程师中此类设置分为“机床设置”和“后置处理设置”。这里所指的机床设置并不是实际意义上的在机床上进行参数设置,而是在 CAXA 制造工程师软件中设置的与机床有关的一些参数。

CAXA 制造工程师中的机床设置包括以下内容。

- 当前机床:系统当前使用的机床类型。
- 增加机床:只要选择增加机床,输入一个新的机床名称,系统即初始化一个新的机床配置。
- 删除机床:删除当前的机床。
- 行号地址:一个完整的数控程序由许多的程序段组成,每一个程序段前有一个程序段号,即行号地址。系统可以根据行号识别程序段。如果程序过长,还可以利用调用行号很方便地把光标移到所需的程序段。行号可以从 1 开始,连续递增,如 N0001、N0002、N0003 等,也可以间隔递增,如 N0001、N0005、N0009 等。建议用户采用后一种方式。因为间隔行号比较灵活方便,可以随时插入程序段,对原程序进行修改,而无需改变后续行号。如果采用前一种连续递增的编号方式,每修改一次程序,每加入一个程序段,都必须对后续的程序段的行号进行修改,很不方便。行号的格式需要在“后置处理设置”中修改,如起始号、增量等。
- 行结束符:设置每行结束时的符号。如 FANUC 系统的行结束符号通常为分号“;”。以下的指令对于使用标准 G 代码的系统来说变化不大。
- 速度指令:默认值“F”。
- 快速移动:默认值“G00”。
- 直线插补:默认值“G01”。
- 顺时针圆弧插补:默认值“G02”。
- 逆时针圆弧插补:默认值“G03”。
- 主轴转速:默认值“S”。
- 主轴正转:默认值“M03”。
- 主轴反转:默认值“M04”。
- 主轴停:默认值“M05”。

- 冷却液开:默认值“M07”。
- 冷却液关:默认值“M09”。
- 绝对指令:默认值“G90”。
- 相对指令:默认值“G91”。
- 半径左补偿:默认值“G41”。
- 半径右补偿:默认值“G42”。
- 半径补偿关闭:默认值“G40”。
- 长度补偿:默认值“G43”。
- 坐标系设置:默认值“G54”。
- 程序停止:默认值“M30”。

以下的设置可以使用 CAXA 提供的或机床提供的宏指令。

- 程序起始符:各类机床的程序起始符差异较大,一般需要根据机床手册填写;FANUC 的设置为“%”;默认值“空”。
- 程序停止符:默认值“空”。
- 说明:用以在代码中加入的说明行。
- 程序头:程序头一般包括坐标系设定、坐标方式设定、主轴旋转方向、冷却液开关等等。
- 换刀:参见 3.1.5 中换刀指令相关内容。
- 程序尾:一般包括主轴停止、冷却液关闭、程序停止等指令。

### 3.5.3 后置处理设置

后置处理设置也是一些和机床有关的参数。

#### 1. 输出文件最大长度设置

当机床内存较小,又没有硬盘和在线加工能力(DNC),而程序大到超出机床内存容量的地步,机床只能分批加工,此时需将程序截成数段分批传输到机床。这里的“文件最大长度”为机床允许一次输入文件的最大字节数。

如一台机床允许的最大程序传输量为 128 k,而加工程序为 1 280 k。此时将文件最大传输长度设置为 128 k,生成代码时,设置输出代码文件名为“post.cut”,系统自动将 1 280 k 的程序截成 10 段,分别存储为 10 个代码文件:post.cut、post0001.cut、post0002.cut、post0003.cut……post0009.cut。

#### 2. 行号设置

一个铣削程序有可能很大,其中的数据都是由坐标表达的数据,要想查找一些数据是不太容易的。“行号”的目的是为了给每一行程序标出号码,利于查找、记录。

程序段行号设置包括行号的位数、行号是否输出、行号是否填满、起始行号、行号增量。

- 是否输出行号:选中行号输出则在数控程序中的每一个程序段前面输出行号,反之亦然。

- 行号位数:行号位数是设置机床系统可支持的最大行号数,如一些机床对行号位数有限制,只能是 4 位,即行号不得超过“9999”,如果程序行超过“9999”,系统将再次从起始值“1”开始,如此不断循环。

- 行号是否填满:行号是否填满选项是为了适应某些机床系统的特殊需要而设置的。这些机床要求行号必须按照系统要求的位数,不足的用零不齐。

如某老式控制系统要求行号不得超过 4 位,不到 4 位要求补零。如下列代码:

```
N0012G01X6.771Y-56.168;  
N0014G01X-50.296Y-56.168;  
N0016G02X-50.496Y-55.968I0.000J0.200;  
N0018G01X-50.496Y-5.523;  
N0020G01X-91.887Y-5.523;  
N0022G02X-92.087Y-5.323I0.000J0.200;  
N0024G01X-92.087Y41.129;  
N0026G02X-81.887Y51.329I10.200J0.000;
```

代码中的序号从“N0012”到“N0026”实际是两位,不足四位,所以在 N 后面补了两个“0”。

- 起始行号:行号的起始数据。

- 行号增量:程序段行号之间的间隔。如 N0020 与 N0025 之间的间隔为 5,建议用户选取比较适中的递增数值,这样有利于程序的管理。

注意:当机床内存较小,又无法进行在线加工(DNC)时,建议关闭行号,缩小程序文件,以充分利用机床内存。如果使用在线加工(DNC),则建议尽量打开行号开按,有益于程序的检查。当程序量巨大的情况下,当天无法加工完该程序,请记忆当天加工的程序行号,第二天可以从中断的行号处开始继续加工。

### 3. 坐标格式输出设置

坐标输出格式包括按那种坐标表达方式编程,是增量方式还是绝对方式;数据是按小数点方式表示还是按整数方式表示;按整数输出时,机床的分辨能力是多少;按小数输出时,小数点后的位数是多少;是否要对输出的数据进行优化等。

- 绝对/增量编程:有绝对编程 G90 和增量编程 G91 两种方式。增量编程所用的相对坐标中每一点的坐标都是相对上一点的坐标。图 3-127 可以说明这两种方式的区别。

- 坐标输出格式:小数/整数。现在大多数机床都具有这两种输出方式的选项,而且默认方式多为小数方式,老式机床使用整数方式的较多。

- 机床分辨率:机床分辨率就是机床的加工精度,如果机床精度为 0.001mm,则分辨率设置为 1 000,实际值“64.124 mm”将被表示为“64 124”。机床分辨率只有当坐标格式使用整数表示时起作用。

- 小数点位数:当机床坐标输出格式使用小数时,该项起作用。它和机床分辨率一样是

表示机床加工精度的。如果输出到小数点后 3 位,“1”将被表示为“1.000”。

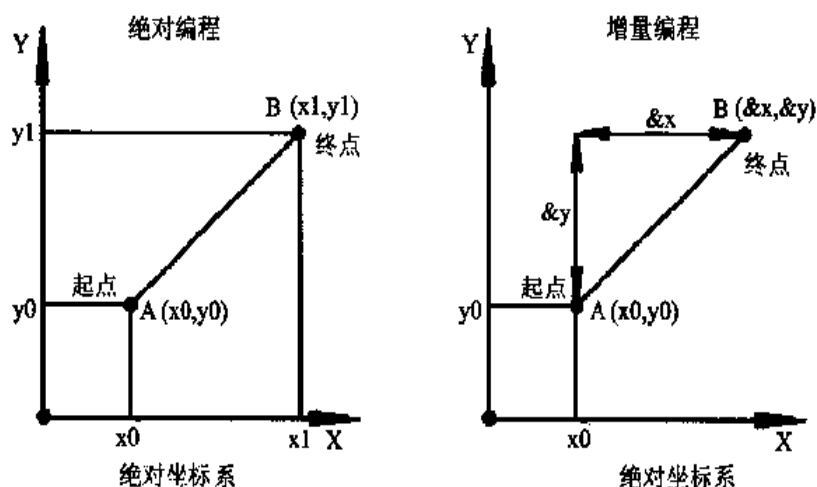


图 3-127

● 优化坐标值:输出的 G 代码中,若坐标值的某分量与上一次相同,则此分量在 G 代码中不出现。例如下一段是没有经过优化的 G 代码:

```
X0.0 Y0.0 Z0.0;
X100. Y0.0 Z0.0;
X100. Y100. Z0.0;
X0.0 Y100. Z0.0;
X0.0 Y0.0 Z0.0;
```

经过坐标优化,结果如下:

```
X0.0 Y0.0 Z0.0;
X100.;
Y100.;
X0.0;
Y0.0;
```

#### 4. 圆弧代码设置

主要设置控制圆弧的编程方式。即是采用圆心编程方式还是采用半径编程方式。当采用圆心编程方式时,CAXA 制造工程师软件中对圆心坐标(I,J,K)设置有四种含义:

● 绝对坐标:采用绝对编程方式,圆心坐标(I,J,K)的坐标值为相对于工件零点绝对坐标系的绝对值。

- 圆心对起点:圆心坐标以圆弧起点为参考点取值。
- 起点对圆心:圆弧起点坐标以圆心坐标为参考点取值。
- 圆心对终点:圆弧的圆心坐标是以圆弧钟点为参考点取值。

按圆心坐标编程时,圆心坐标的各种含义是针对不同的数控机床而言。不同机床之间其圆心坐标编程的含义不同,但对于特定的机床其含义只有其中一种。当采用半径编程时,采用半径区别正负的方法来控制圆弧是劣圆弧还是优圆弧。圆弧半径  $R$  的含义即表现为以下两种:

- 优圆弧:圆弧大于  $180^\circ$ ,  $R$  为负值。

- 劣圆弧:圆弧小于  $180^\circ$ ,  $R$  为正值。

- 整圆输出角度限制:整圆的输出选项,有的机床对整圆不认识,此时需要将整圆打散成几段,若整圆输出角度限制为  $90^\circ$ ,则将整圆打散为 4 段。若为  $360^\circ$ ,则对整圆限制没有限制。绝大多数机床没有限制,所以缺省值是  $360^\circ$ 。

- 圆弧输出为直线:将圆弧按精度离散成直线段输出。有的机床不认圆弧,需要将圆弧离散成直线段。精度由用户输入。

#### 5. 扩展名控制和后置设置编号

后置文件扩展名是控制所生成的数控程序文件名的扩展名。有些机床对数控程序要求有扩展名,有些机床没有这个要求,应视不同的机床而定。后置程序号是记录后置设置的程序号,不同的机床其后置设置不同,所以采用程序号来记录这些设置。以便于用户日后使用。

## 3.6 练习题

### 1. 问答题

- (1) 代码 G54 的含义,在 CAXA 制造工程师中如何设置?
- (2) G90 和 G91 有什么区别,在 CAXA 制造工程师中何处设置?
- (3) 何为两轴半加工,何为三轴加工,各适用哪些场合?
- (4) 在 NC 加工里,影响加工零件表面粗糙度的因素有那些?
- (5) 通过改变那些加工参数可以提高表面质量?
- (6) 参数线加工余量能否取负值? 在实际应用中有何用途?
- (7) 在加工一个余量较大的零件时,定义“慢速下刀高度”应注意什么?
- (8) 在 ME2000 里可以定义那几种刀具? 它们在加工里分别适用于何种场合?
- (9) 平面轮廓加工主要用于加工什么,单根曲线可以作为轮廓处理吗?
- (10) 在平面轮廓加工里定义“余量方式”的含义? 用于何种情况下?
- (11) 平面区域加工可以处理中间没有岛的情况吗?
- (12) 平面轮廓及区域加工用端刀在没有工艺孔的情况下应采用何种下刀方式?
- (13) 慢速下刀高度与下刀速度有什么作用?
- (14) 安全高度为什么一定要高于零件的最大高度?



- (15) 平面区域加工中什么时候需要采用清根?
- (16) 参数线加工对何种曲面加工更有效率?
- (17) 自身干涉检查与干涉面有什么区别?
- (18) 限制线、曲面轮廓、曲面区域、投影加工可同归于哪种三轴加工方式?
- (19) 对个数较多,且参数线不一致的曲面应采用何种加工方式?
- (20) 如何避免加工多个曲面时的抬刀问题?
- (21) 曲线加工的适用场合,与其他加工方式有什么不同?
- (22) 等高线加工适用场合,与曲面区域有何区别?
- (23) 对轨迹计算时间很长的加工,用何方法可缩短计算时间?
- (24) 加工精度定义的大小对凸、凹模的加工有何影响?有何不同?
- (25) 在粗加工里走刀类型的定义,何时采用层优先?何时采用深度优先?
- (26) 如何正确选择粗加工中的毛坯?

## 2. 平面加工练习

加工如图 3-128 的造型。毛坯尺寸为“120×100×40”。

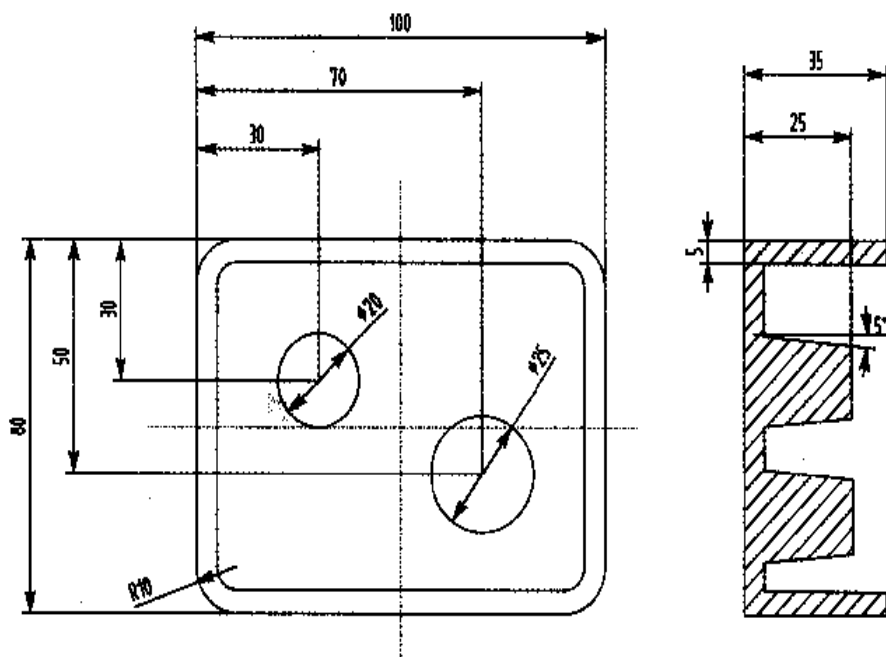


图 3-128

### 3. 曲面区域精加工练习

用曲面区域精加工如图 3-129 造型(图形为边界面、旋转面两面过渡变半径得到图形)。

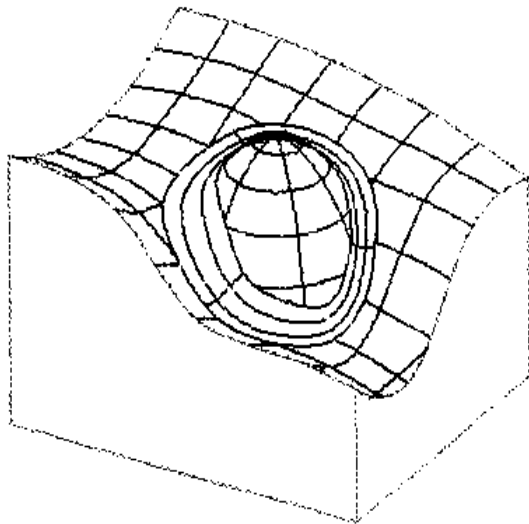


图 3-129

### 4. 用参数线加工练习

加工如图 3-130 造型,注意曲面间的干涉。

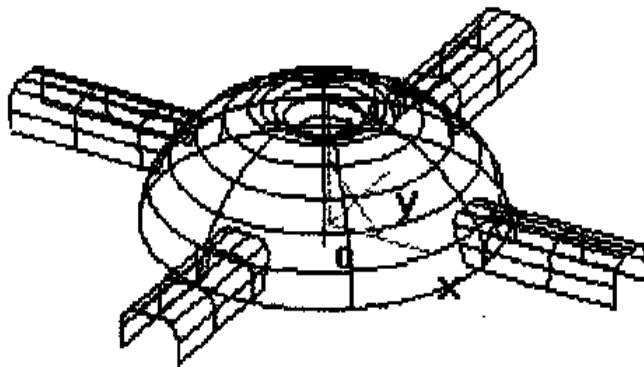


图 3-130

### 5. 粗加工练习

粗加工如图 3-131 实体造型,毛坯尺寸为“70×60×80”。

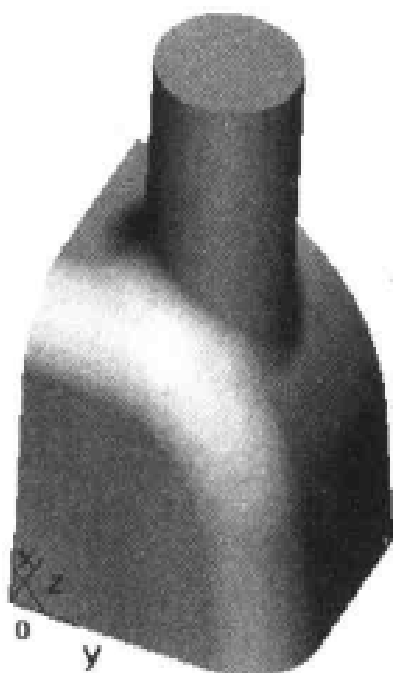


图 3-131

#### 6. 等高线加工练习

加工如图 3-132 造型。

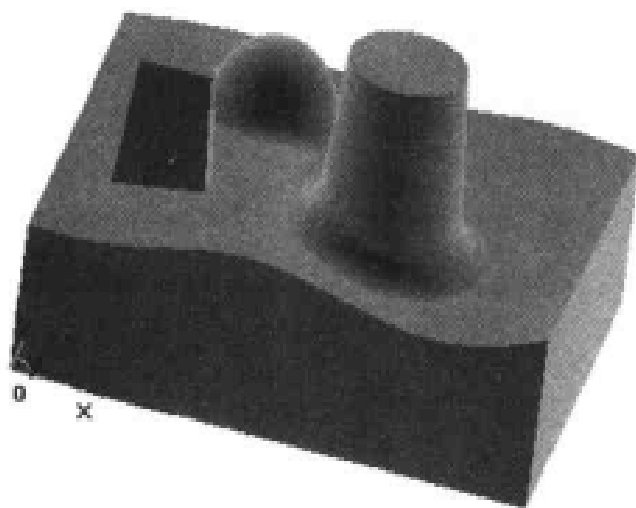


图 3-132

#### 7. 曲面区域加工练习

加工如图 3-133 曲面造型。

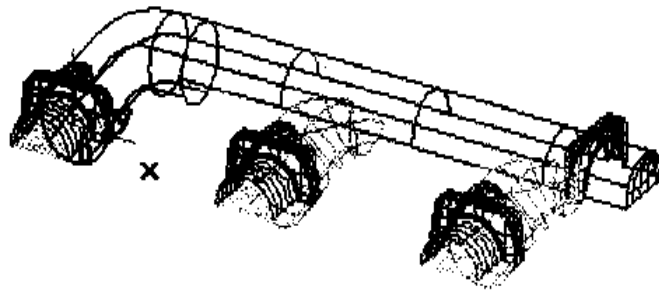


图 3-133

### 8. 曲面造型及加工综合练习

用曲面做如下图形造型并进行加工。加工要求：毛坯尺寸“210×100×50”，工装用台钳夹毛坯下部“20”。露出“30”作为实际加工部分。安排加工工艺分为：粗加工（留余量“1.5”）、半精加工（留余量“0.2”）、精加工三步（余量“0”）。选用刀具为端铣刀 D16，球头刀 R5，球头刀 R3。

生成适合 FANUCOM 加工中心的后置文件。要求每段程序在开始下刀时开冷却液，结束时关闭冷却液，且具有自动换刀功能。

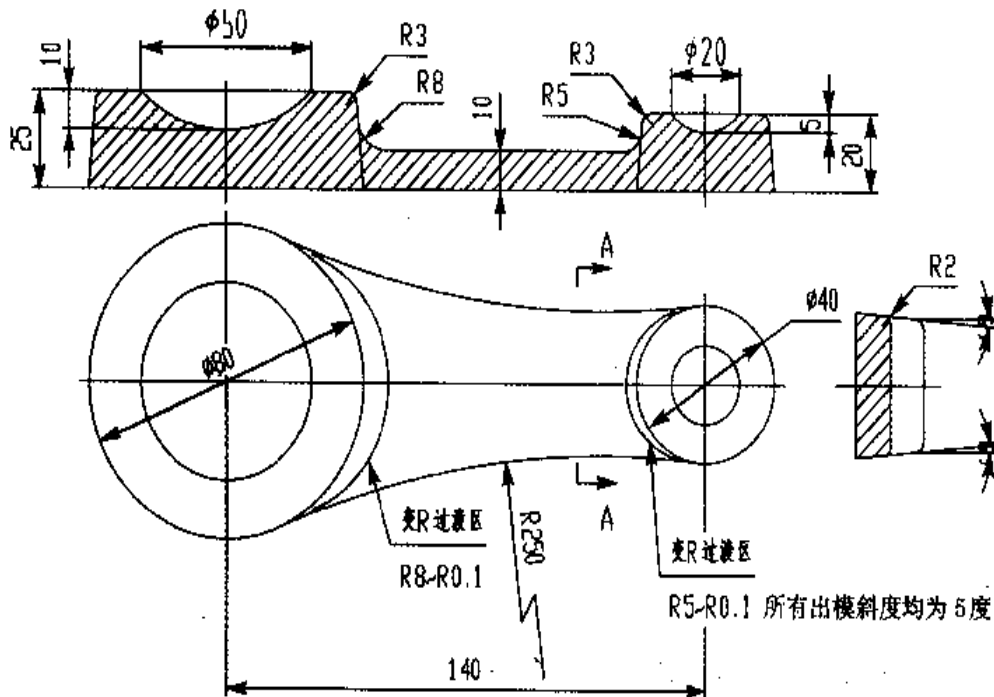


图 3-134

## 4.1 CAXA 多轴加工

CAXA 多轴加工是指含旋转轴(A、B、C轴)的加工,其中包含特殊三轴加工(2个直线轴、1个回转轴)、四轴加工(3个直线轴、1个回转轴)、五轴加工(3个直线轴、2个回转轴)。

### 4.1.1 多轴机床的回转轴

多轴机床的回转轴一般可以分为三种:工作台含回转轴、动力头含回转轴、工作台和动力头都含回转轴。工作台含回转轴,如图4-1;动力头含回转轴,如图4-2。在五轴机床中,立式机床多使用X、Y、Z直线轴加A、B回转轴,卧式机床多为X、Y、Z直线轴加A、C回转轴。

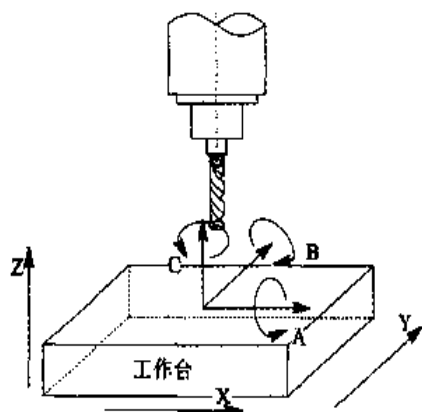


图 4-1

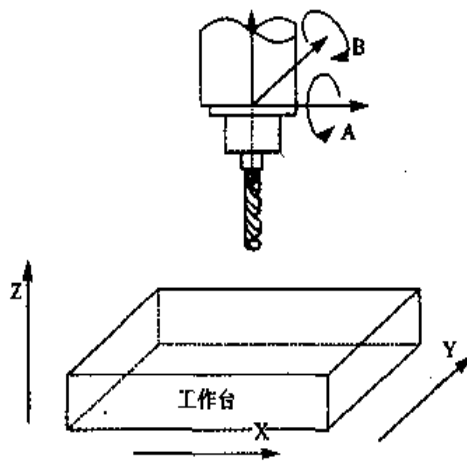


图 4-2

### 4.1.2 CAXA 四轴加工

CAXA 四轴加工模块具有两种加工方式,一种是展开图方式的四轴加工,另一种是直接针对曲面的四轴加工方式。

#### 1. 展开图方式四轴加工

##### (1) 工作原理

将等半径的圆柱面展开为矩形平面图,在此平面区域内作任意二维图形并针对该图形进

行加工生成在此面内的轨迹,再将轨迹还原为圆柱形,见图 4-3。生成以圆柱回转轴为旋转轴,圆柱轴向和绝对坐标 Z 向为线性轴的三轴轨迹。

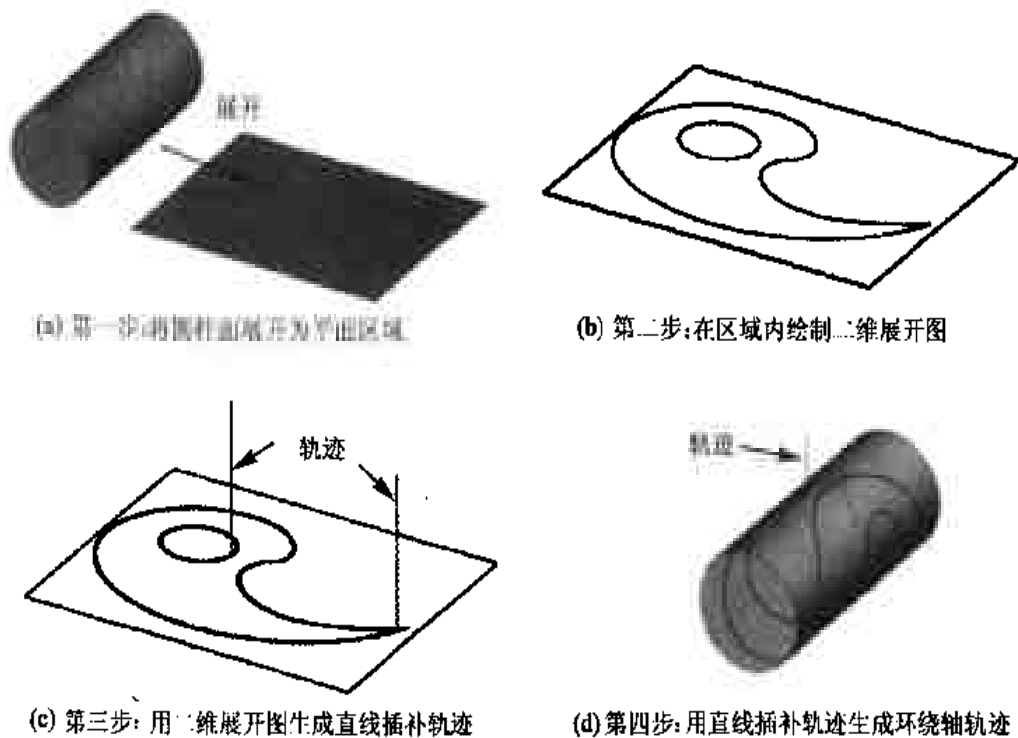


图 4-3

## (2) 代 码

CAXA 特殊三轴加工只有两种方式,一种绕 A 轴转,一种绕 B 轴转。上述图形为绕 B 旋转的,生成轨迹格式如下:

```
G90G54G00Z20.000;
G43H01;
S500M03;
X0.000Y0.000Z20.0000.0;
G01X0.000Y0.000Z20.000133.495F50;
X0.000Y0.000Z15.000B133.495;
X0.000Y30.130Z10.000B133.495;
X0.000Y29.542Z10.000B133.302F100;
X0.000Y28.960Z10.000B132.725;
```

```

X0.000Y28.388Z10.000B131.768;
X0.000Y27.834Z10.000B130.443;
X0.000Y27.302Z10.000B128.760;
:
X0.000Y23.134Z10.000B344.724;
X0.000Y23.716Z10.000B349.615;
X0.000Y0.000Z15.000B349.615F20;
G00X0.000Y0.000Z20.000B349.615;
X0.000Y0.000Z20.000B349.615;
X0.000Y0.000Z20.000B0.0;
G49M05;
M30;

```

上述轨迹在加工过程中,B轴旋转,刀具在固定为10的半径上,沿Y向来回移动,仅在起落刀时有Z向变化。

### (3) 轧辊加工应用

展开图方式的四轴加工主要应用于各种辊类的四轴加工,如一些辊锻模和某些轧辊等。

下面是一个轧辊的应用实例,如图4-4,其尺寸如图4-5。



图 4-4

(1) 加工工艺采用展开图方式四轴加工。刀具为R3球头铣刀,刃长“15”,杆长“35”。装卡方式如图4-6。

### (2) 操作步骤

● 步骤1:图4-7所示为俯视展开图,坐标如图中所示(取轧辊主体圆柱面中心),旋转轴用与X轴平行的A轴,起始角度如图4-6所示位置。绘制直径为“102.5”的展开图。

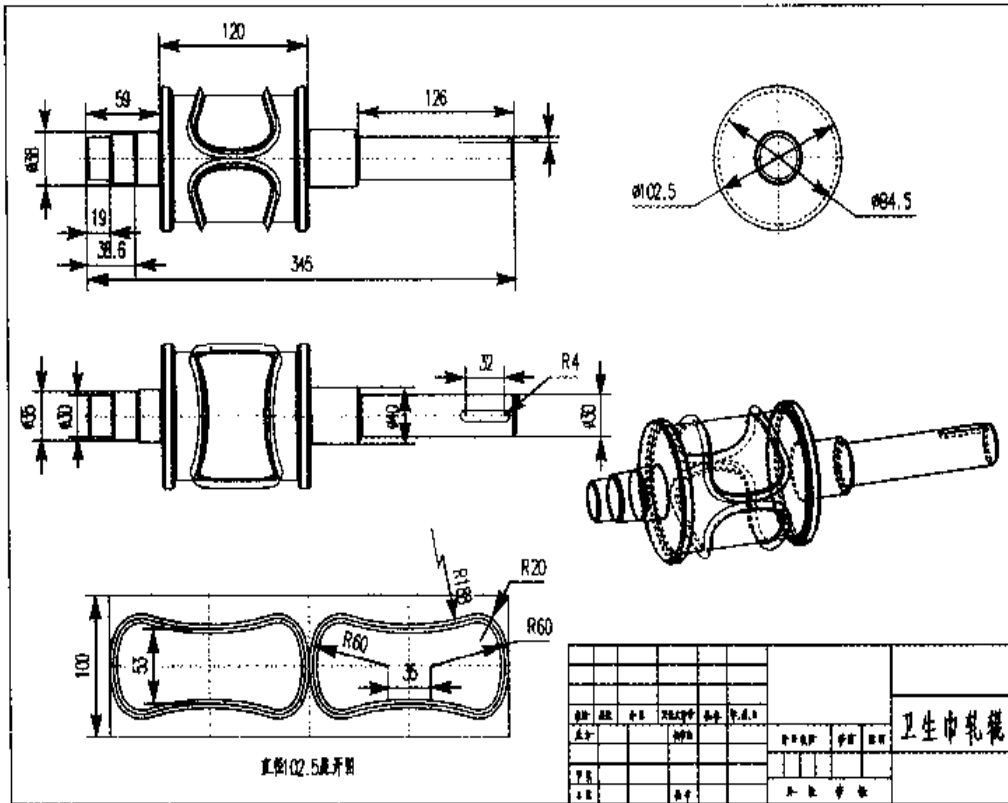


图 4-5

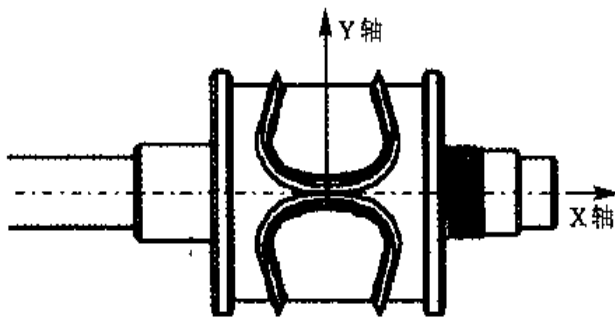


图 4-6



图 4-7

- 步骤 2: 在 CAXA—ME45 轴加工软件中作直径为“90.5”的展开图,如图 4-8。
- 步骤 3: 使用限制线加工生成两侧三维轨迹,加工方向为沿 X 轴往复,行距“0.5”。参数如图 4-9。
- 步骤 4: 显示加工结果如图 4-10。
- 步骤 5: 再用曲面区域加工生成中间排料三维轨迹,加工方向角 0°,行距“0.5”,如图 4-11。



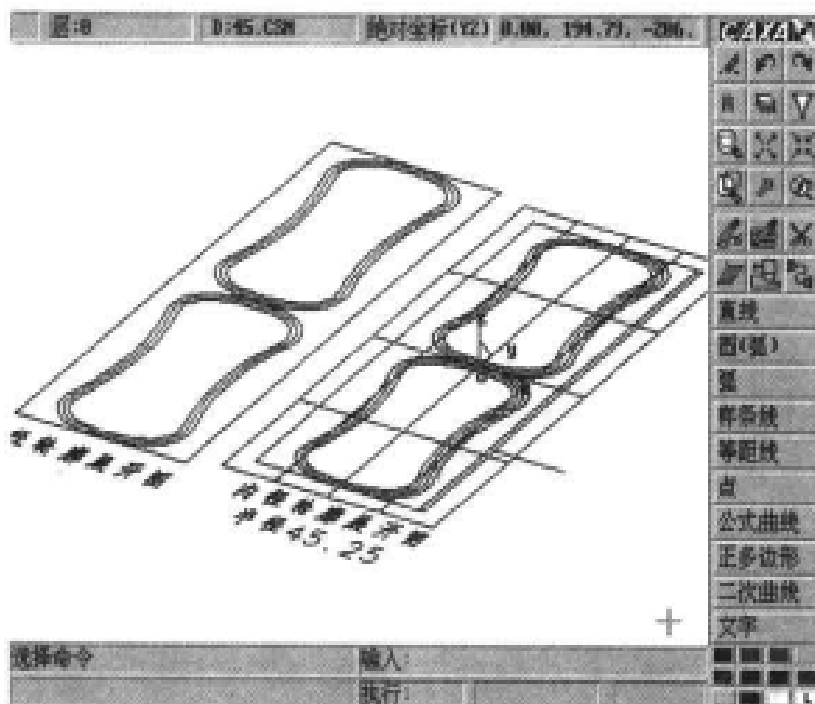


图 4-8

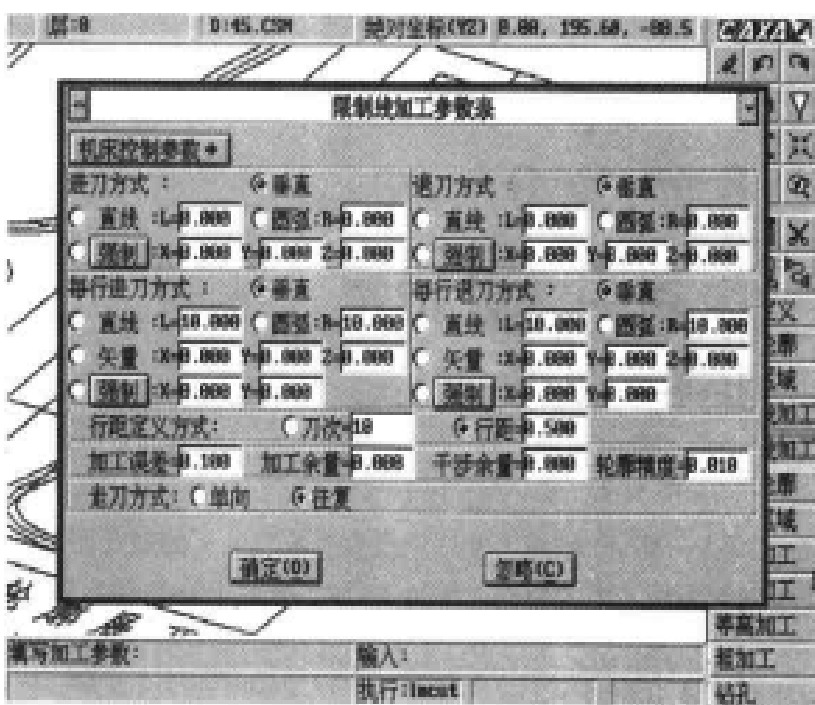


图 4-9

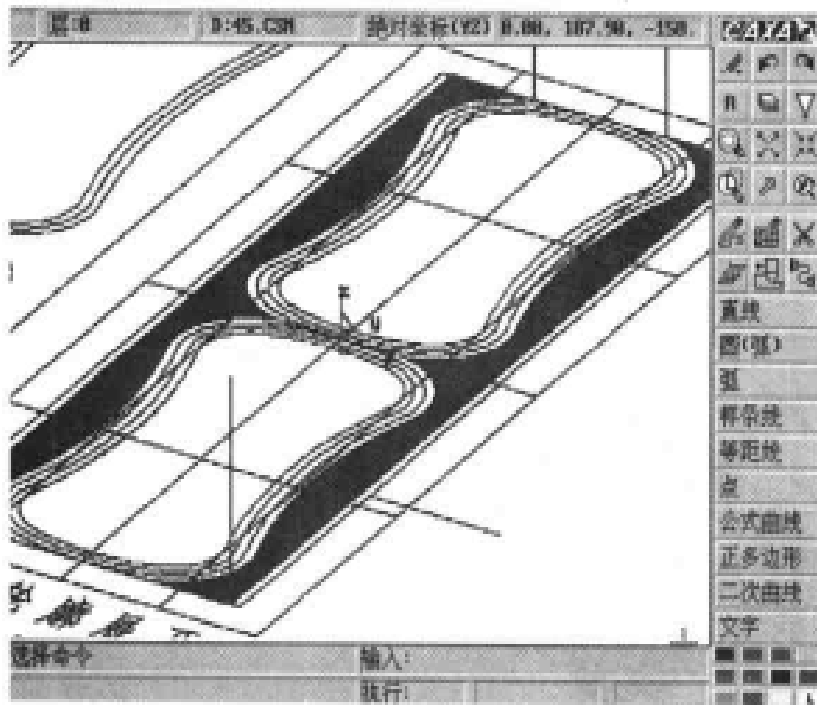


图 4-10

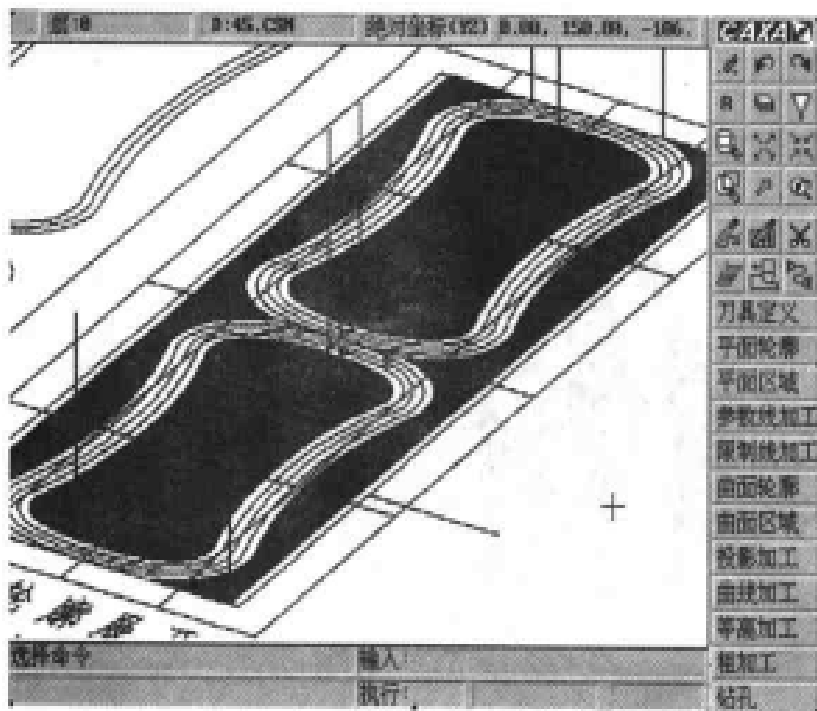


图 4-11

- 步骤 6: 将三轴轨迹转化为四轴轨迹。选取菜单中的后置处理下的转四轴轨迹, 设置立即菜单为 A 轴, 半径 45.25, 如图 4-12。

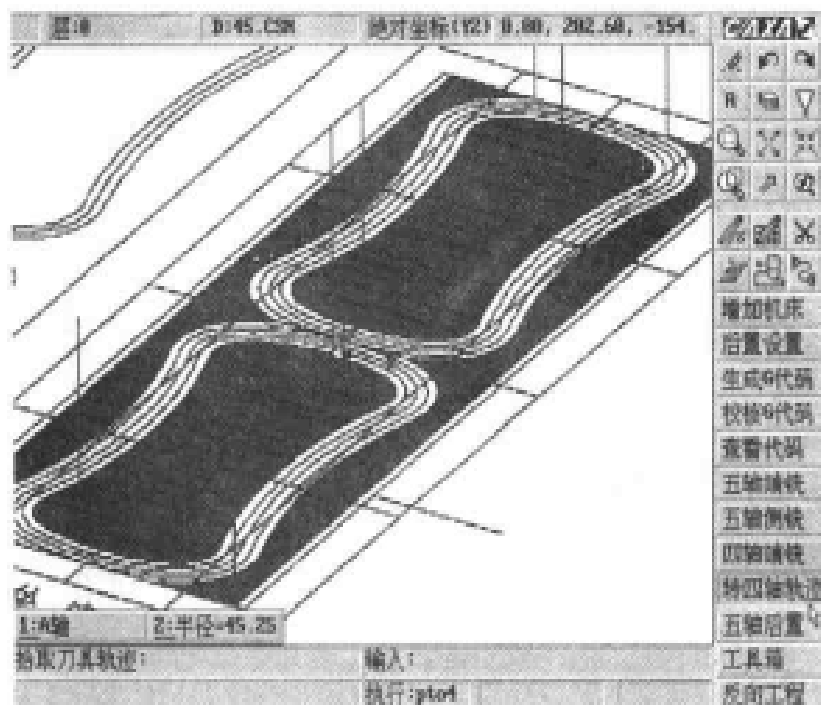


图 4-12

- 步骤 7: 再拾取三轴轨迹, 将其转换。转换后图形如图 4-13 (隐藏了三轴轨迹)。

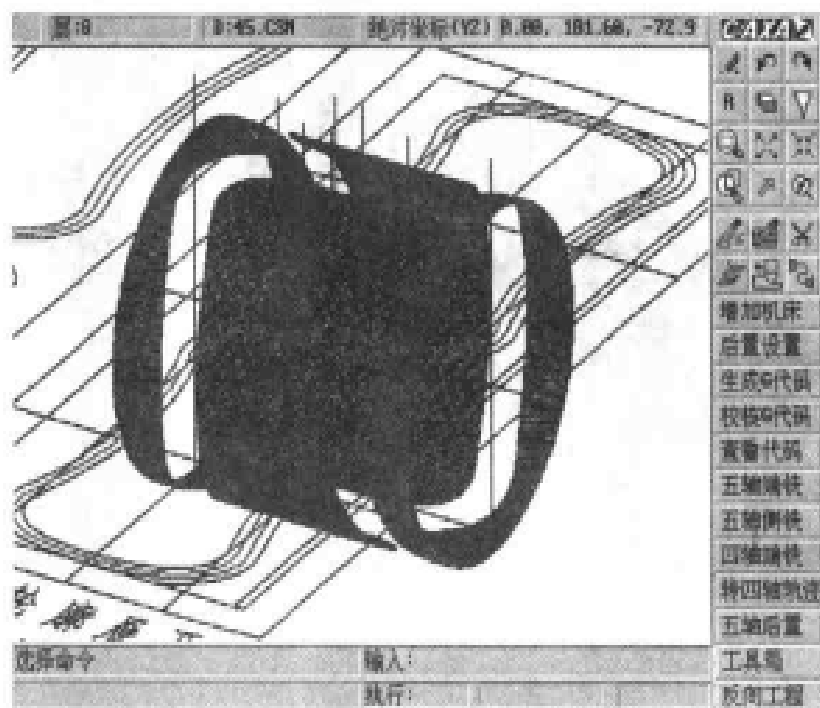


图 4-13



维轮廓形状。此种加工方式对被加工对象形状不做限制(任意曲面),但是该方式仅能在造型的  $180^\circ$  内进行加工。

#### (1) 工作原理

CAXA 曲面四轴加工是采用先按限制线方向确定加工轨迹的三维路径,再按摆轴方向确定每一个刀位点的摆角的方法进行加工的。

#### (2) 加工实例

使用曲面四轴加工如图 4-16 所示造型。

- 设定摆刀平面为 YZ,既绕 A 轴旋转加工。坐标位置及限制线如图 4-17。



图 4-16

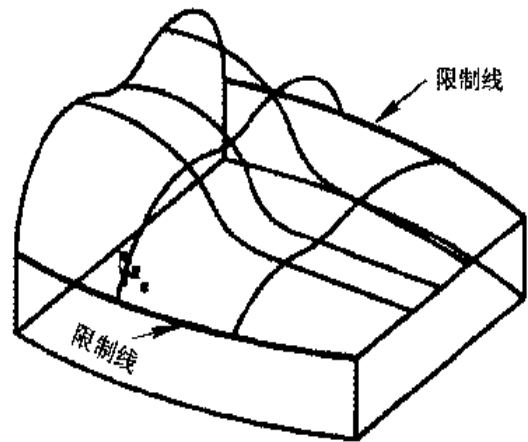


图 4-17

- 加工参数表,设置如图 4-18。其他机床参数(转速、进给速度、起止高度等)按实际需要设置。



图 4-18

- 轨迹生成如图 4-19。

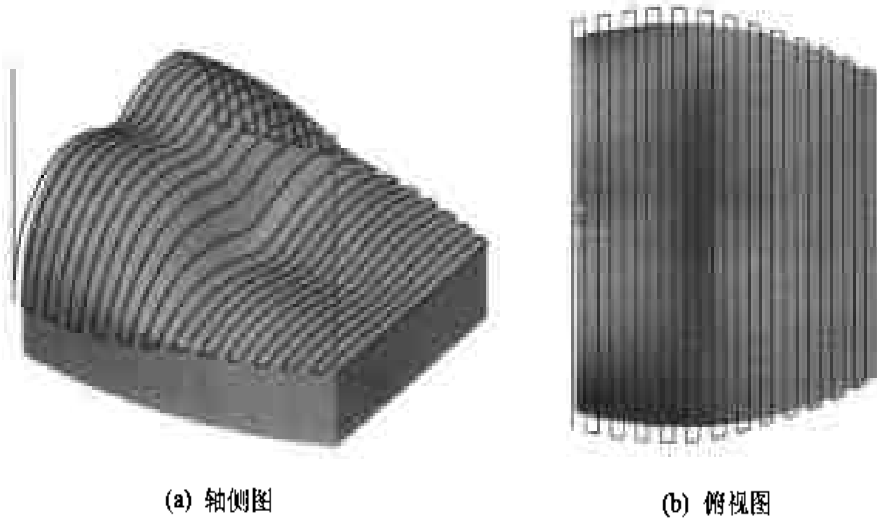


图 4-19

- 按 FANUC 代码生成部分代码如下：

```
N1G90G54G00Z100.000  
N2S1000M03  
N3X0.000Y0.000Z100.000A0.0  
N4G01X0.000Y0.000Z100.000A-295.375F500  
N5X0.000Y0.000Z80.000A-295.375  
N6X112.396Y0.000Z55.339A-295.375  
N7X112.396Y0.000Z54.114A-296.041F120  
N8X112.396Y0.000Z54.032A-296.088  
N9X112.396Y0.000Z53.951A-296.137  
N10X112.396Y0.000Z52.210A-297.171  
N11X112.396Y0.000Z50.536A-298.223  
N12X112.396Y0.000Z50.406A-298.315  
N13X112.396Y0.000Z43.151A-303.895  
N14X112.396Y0.000Z40.257A-306.693  
N15X112.396Y0.000Z38.619A-308.506  
N16X112.396Y0.000Z33.534A-315.788  
N17X112.396Y0.000Z33.461A-315.918  
N18X112.396Y0.000Z33.378A-316.061  
N19X112.396Y0.000Z30.536A-321.709  
N20X112.396Y0.000Z27.392A-330.605  
N21X112.396Y0.000Z27.288A-330.990  
N22X112.396Y0.000Z26.104A-335.799
```

N23X112.396Y0.000Z25.045A-341.511  
N24X112.396Y0.000Z25.005A-341.786  
:  
N3313X-0.715Y0.000Z68.280A-333.526  
N3314X-0.715Y0.000Z68.486A-333.183  
N3315X-0.715Y0.000Z68.660A-332.893  
N3316X-0.715Y0.000Z69.232A-331.968  
N3317X-0.715Y0.000Z69.494A-331.557  
N3318X-0.715Y0.000Z69.515A-331.524  
N3319X-0.715Y0.000Z69.697A-331.237  
N3320X-0.715Y0.000Z70.067A-330.664  
N3321X-0.715Y0.000Z70.399A-330.158  
N3322X-0.715Y0.000Z70.407A-330.146  
N3323X-0.715Y0.000Z70.928A-329.351  
N3324X-0.715Y0.000Z71.194A-328.940  
N3325X0.000Y0.000Z80.000A-328.940F4500  
N3326G00X0.000Y0.000Z100.000A-328.940  
N3327X0.000Y0.000Z100.000A-328.940  
N3328X0.000Y0.000Z100.000A0.0  
N3329M05  
N3330M30

### 4.1.3 CAXA 五轴加工

#### 1. 概述

CAXA-ME 的五轴加工模块是针对五轴数控铣床的自动编程工具。

五轴数控铣床就是 3 个直线轴和 2 个旋转轴可以同时联动的数控铣床。这两个旋转轴可以是 A、B 轴,可以是 B、C 轴,也可以是 A、C 轴。

五轴数控加工主要用于以下几种情况的加工中:

- 形状复杂,加工通道开敞性差,用三轴联动无法加工的零件。例如:整体叶轮类零件。加工这类零件需要利用五轴数控机床刀轴控制的灵活性来加工开敞性差的加工区域。

- 加工表面面积比较大,需要比较高的切削效率的零件。例如水轮机叶片、汽车覆盖件模具等零件的加工。加工这类零件时需要用端刀加工以提高切削效率,三轴联动加工无法完全精确加工复杂曲面,而五轴联动加工使利用端铣刀精确加工复杂型面成为可能。

根据实际加工中所遇到的情况,CAXA-ME 在五轴加工模块中设置了以下功能:

- 五轴侧铣加工;
- 五轴端铣加工;

- 五轴仿真;
- 五轴后置处理。

## 2. 五轴后置处理中的问题

五轴后置处理主要是将生成的五轴刀具轨迹的刀具切削位置点转换为数控机床指令。

五轴后置处理需要利用“增加机床”、“后置设置”功能设置机床控制参数。然后用“生成 G 代码”功能生成代码。详见 CAXA—ME 用户指南的“后置处理”说明。

一般的 5 坐标数控铣床根据刀具运动关系分为工作台旋转和刀具摆动两种类型,在两种不同类型的机床中,编程基点是不同的,对于带回转工作台的数控铣床,其编程基点是刀具中心(或刀尖);对于刀具摆动的数控铣床,其编程基点是摆刀中心。数控代码的坐标是编程基点的运动坐标。

在针对刀具摆动的数控机床进行 5 坐标数控编程时,要精确测量出刀尖点到摆刀中心的长度。并将此长度在刀具定义中定义为所使用刀具的刀杆长度,在五轴后置处理中需要用到这个数值。

在五轴后置处理时常会遇到以下问题。

### (1) 摆角过大问题

如图 4-20, V1 和 V2 是两个相邻刀位点的刀轴矢量,它们很靠近 Z 轴,虽然二者的空间夹角很小,但它们在 XY 面上的投影为图 4-21 所示的二者之间的夹角很大情况。

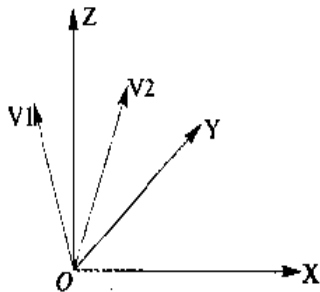


图 4-20

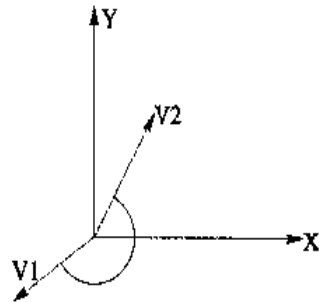


图 4-21

这种情况会在后置处理时导致:

- 刀具轨迹后置文件中的某一个角度会出现来回摆动现象,影响机床切削连续性。
- 刀具轨迹后置文件中的某一个角度在相邻的两个刀位点间的角度增量太大。引起机床转动速度和直线进给速度不匹配,增大加工误差。

这两种情况在实际加工中有时会过切工件。

有两种方法可以解决这个问题,一是改变工件的装卡方式,重新生成刀具轨迹;二是生成刀具轨迹时进行刀轴调整,使生成的刀具轨迹避免出现摆角过大问题。

### (2) 转角超程问题

由于机床有旋转角度行程的限制,对于一些复杂零件表面,机床不能够连续加工。在后置



处理中,遇到转角超程情况时,数控代码自动控制数控机床抬刀,调整机床初始旋转角度,再进刀进行切削,这样就会中断连续的切削过程。在实际加工中要尽量避免这种情况发生。这主要是通过生成刀具轨迹时进行刀轴调整来实现的。

### (3) 进给速度问题

有些机床五轴加工中的进给速度含义与三轴加工不同。在三轴加工中,进给速度指刀具相对于工件的运动速度,其单位一般为毫米/分钟(mm/min)。而五轴加工中由于引入了旋转运动,导致了进给速度计算的复杂性。所以五轴加工中常用的进给速度控制方式是控制每个程序段完成的时间,即所谓的时间导数的控制方式。

在刀具轨迹生成时,进给速度设置选项就是设置这两种进给速度的。其中“切削距离”是把进给速度设置为刀具相对于工件的运动速度,“每段时间”是把进给速度设置为时间导数。

## 3. 五轴侧铣加工

### (1) 目的

本功能的目的是用棒铣刀侧刃加工直纹面。五轴侧铣是针对直纹面进行的,直纹面是一条直线的两个端点分别沿两条控制线运动形成的。因此本功能就是要加工由两条控制线形成的直纹面。

### (2) 五轴侧铣加工的特点

五轴侧铣加工主要是针对具有直纹扭面的零件进行加工。它的最主要的特点是用刀具的侧刃切削,效率高。目前多用于叶片类零件的加工。

### (3) 加工参数定义

图 4-22 是五轴侧铣加工参数表。



图 4-22

关于机床控制参数的设置可以参考其他加工功能。

● 摆角:用户定义的刀轴沿切削方向调整的角度。用来调整刀轴,避免后置处理时的转角超程问题和摆角过大问题。关于这两个问题参见后置处理相关内容。

● 最大步长:相邻两切削点间的最大距离。最大步长主要用来限制两切削点的摆角增量,防止摆角增量过大。

● 切削行数:定义在两条控制线间需要切几次。

● 加工余量:加工直纹面时的预留量。

● 加工误差:加工直纹面的误差。

● 刀具角度:就是棒铣刀的锥度。侧铣加工支持带锥度棒铣刀加工。

● 进、退刀扩展:定义每行刀具轨迹是否延长、延长的长度是多少。

● 刀具角度修正:定义在刀具每一行的起端或末端是否修正刀轴、修正多少个点。自动修正刀具锥度。保证切入端或切出端的形状。

● C 轴初始转动方向:定义后置处理时,C 轴的转动方向。以防止转角超程。

● 进给速度:定义后置处理时的进给速度设置方式。详见后置处理相关内容。

#### 4. 五轴端铣(参数线)加工

##### (1) 目的

本功能的目的是用端铣刀(也可以用球头刀和 R 刀)端刃加工复杂曲面。

##### (2) 五轴端铣(参数线)加工的特点

五轴端铣加工的特点是按照曲面的参数线生成轨迹路径,刀具方向和刀位点所在曲面的法线方向有关。它比较适合普通三轴铣削无法下刀的地方的加工。一般有两种情况:如具有较高障碍,刀具长度无法达到的情况,或侧凹的部位。

##### (3) 加工参数定义

图 4-23 是五轴端铣加工参数表。

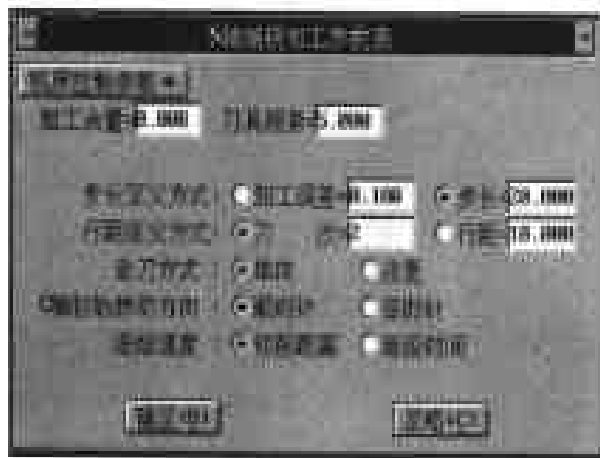


图 4-23

关于机床控制参数的设置可以参考其他加工功能。

- 加工余量:加工直纹面时的预留量。

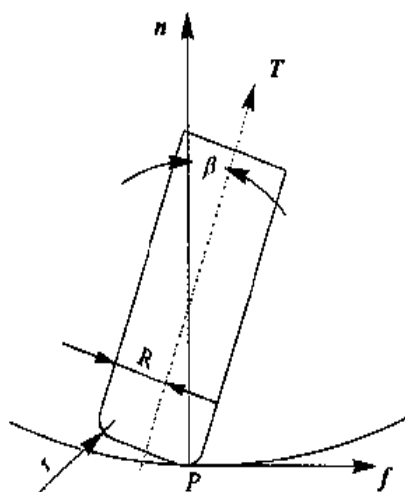


图 4-24

● 刀具倾角:用户给定的加工时刀具向切削方向的倾斜角度,该角度与刀具半径、被切削曲面的复杂程度有关。如果给定的刀具倾角不能满足要求,加工时会产生干涉现象。同时该角度也是用来调整刀轴,避免后置处理时的转角超程问题和摆角过大问题。这两个问题参见后置处理。在刀具轨迹计算完成后,系统会报告出一个加工曲面所需要的最小刀具倾角。用户可以根据这个刀具倾角和后置处理情况确定一个刀具倾角。给定的刀具倾角要大于计算的刀具倾角。图 4-24 说明了刀具倾角的含义。

图 4-24 中, $f$  是切削方向, $P$  是切削点, $n$  是被加工曲面在  $P$  点处的法矢, $T$  是刀轴矢量, $\beta$  是刀具倾角。

● 步长定义方式:定义每行刀具轨迹在切削方向上的刀位点确定方式。可以根据加工误差来定义,也可以用给定步长来定义。

● 行距定义方式:定义被加工曲面所需要的加工行数。可以给定行距,也可以指定加工次数。

● 走刀方式:确定是用单向走刀方式还是用往复走刀方式。

● C 轴初始转动方向:定义后置处理时,C 轴的转动方向。以防止转角超程。

● 进给速度:定义后置处理时的进给速度设置方式。详见后置处理。

## 5. 五轴加工实例

### (1) 五轴侧铣实例

对于如图 4-25 增压器叶轮的加工,显然使用三轴加工是很困难的,使用五轴侧铣效果比较理想。



图 4-25

### 操作步骤

- 步骤 1: 简化模型, 取出一个叶片的上下两条轮廓, 如图 4-26。

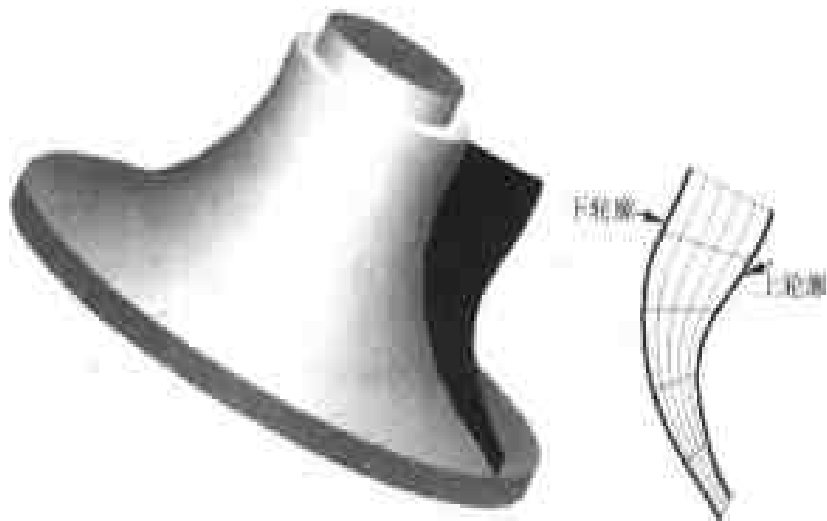


图 4-26

- 步骤 2: 选择五轴加工侧铣, 填写加工参数。

选择(或定义)一把适用的端铣刀, 按刀具、被加工材料及工件高度等定义切削用量、进退刀方式等(与普通三轴加工类似)。

填写五轴侧铣加工参数:

- 刀具摆角: “0”。
- 最大步长: 叶片被加工曲面很平缓, 摆角不会很大, 所以步长可以大些。取“5”没有问题。
- 切削行数: 根据叶片宽度设置。
- 加工余量: 精加工可取“0”。
- 加工误差: 根据加工精度定。
- 刀具角度: 如果使用锥铣刀, 需要定义。
- 扩展方式: 指两端进出刀扩展, 这里要看实际情况(摆角是否干涉)。这里给刀具直径的 1.5 倍即可。
- 刀具角度修正: 根据刀具锥度设置。如果不使用带锥度刀具, 可不设置。
- 进给速度: 该叶片做单面侧切时, 没有剧烈的摆角问题, 所以可以使用切削距离方式。
- C 轴初始转动方向: 根据具体机床允许转最大角设定。一般可以先按顺时针设置, 当生成代码后看起始角度是否超过机床最大允许角度。如果超值, 换用逆时针。

设置完成后按“确定”按钮。

- 步骤 3: 设置拾取方式。

系统默认拾取方式为“链拾取”, 叶片的上下轮廓都是各为一条独立曲线, 没有用链拾取必

要。按空格键,选择链拾取方式,选择“单个拾取”。

- 步骤 4:拾取轮廓,确定加工方向。

按系统提示:拾取第一条曲线,拾取“上轮廓”,系统在上轮廓线上显示加工方向箭头,拾取图 4-27 中所示朝下的箭头。然后按鼠标右键结束。系统提示:拾取第二条曲线,拾取“下轮廓”,系统在下轮廓线上显示加工方向箭头,拾取图 4-28 所示朝下的箭头。按鼠标右键后,系统提示:选择进刀点,选择上轮廓上部角点如图 4-29。系统显示走刀方向箭头,并提示:切换加工方向,按鼠标左键切换加工方向致如图 4-30。

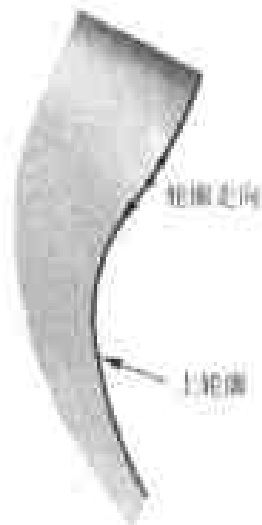


图 4-27

- 步骤 5:按鼠标右键确定加工方向,系统生成五轴侧铣加工轨迹如图 4-31。

- 步骤 6:进行五轴侧铣仿真,结果如图 4-32。



图 4-28



图 4-29



图 4-30



图 4-31

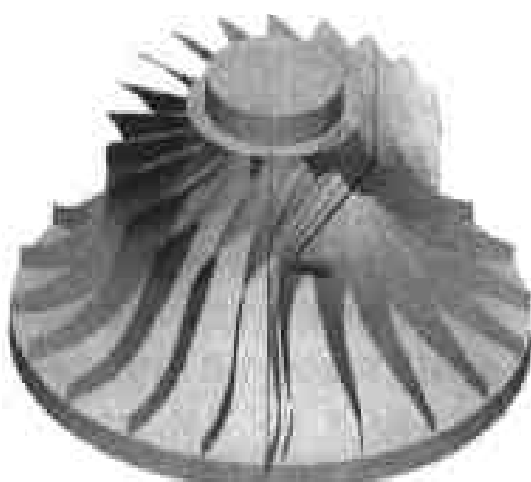


图 4-32

将轨迹以轴心按叶片数量圆形阵列,可得到该叶片的单面精加工轨迹。选择和机床匹配的后置生成代码即可。上述轨迹按 FANUC 生成部分代码如下:

```
%  
N2G90G54G00Z200.000;  
N3S600M03;  
N4Z260.000;  
N5A89.989B29.979;  
N6G01X79.307Y139.661Z121.633A89.989B29.979F210;  
N7X71.877Y134.605Z126.019A89.989B29.979F300;  
N8X71.877Y134.605Z126.019A89.989B29.979;  
N9X71.576Y134.261Z126.354A89.922B30.065;  
N10X71.273Y133.908Z126.698A89.851B30.149;  
N11X70.969Y133.547Z127.049A89.775B30.231;  
N12X70.663Y133.178Z127.409A89.696B30.311;  
N13X70.356Y132.802Z127.776A89.612B30.388;  
N14X70.047Y132.417Z128.152A89.523B30.453;  
N15X69.737Y132.025Z128.534A89.431B30.536;  
N16X69.425Y131.624Z128.924A89.334B30.606;  
N17X69.111Y131.216Z129.320A89.234B30.674;  
N18X68.796Y130.800Z129.724A89.129B30.739;  
N19X68.479Y130.376Z130.134A89.021B30.801;  
N20X68.160Y129.943Z130.551A88.909B30.860;  
:  
N1652X-15.054Y-143.683Z75.621A-0.000B0.000;  
N1653X-18.748Y-152.768Z73.671A-0.000B0.000;  
N1654X-18.748Y-152.769Z273.671A-0.000B0.000F4500;  
N1655G00A0.000B0.000;  
N1656M05;  
N1657M30;  
%
```

注意:实际加工中,换需要进行排料加工和叶片另一面的精加工,这里不再详述。

#### (2) 五轴端铣(参数线)加工实例

对于如图 4-33 所示工件,其根部 R5 圆圈过渡面的清根加工,如果使用三轴加工,使用 R5 球头刀,普通刀具长度肯定不够,定制加长刀的刚性无法满足要求。如果使用 5 轴加工,情况会好得多,使用普通 R5 球头刀具就可以完成。

### 操作步骤

- 步骤 1:造型,将 R5 过渡面做出,如图 4-34 所示。

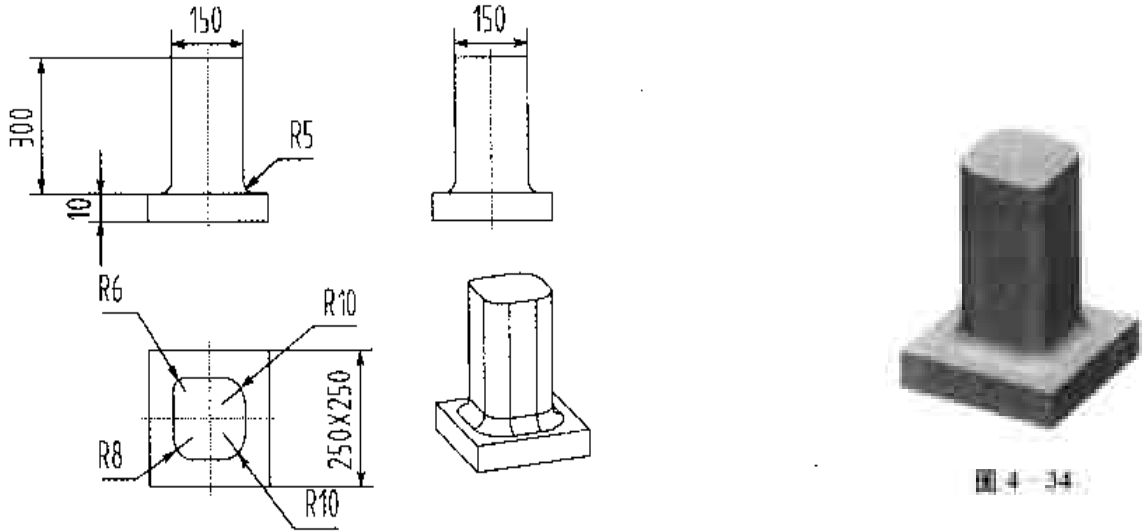


图 4-33

- 步骤 2:定义刀具,如图 4-35 所示。

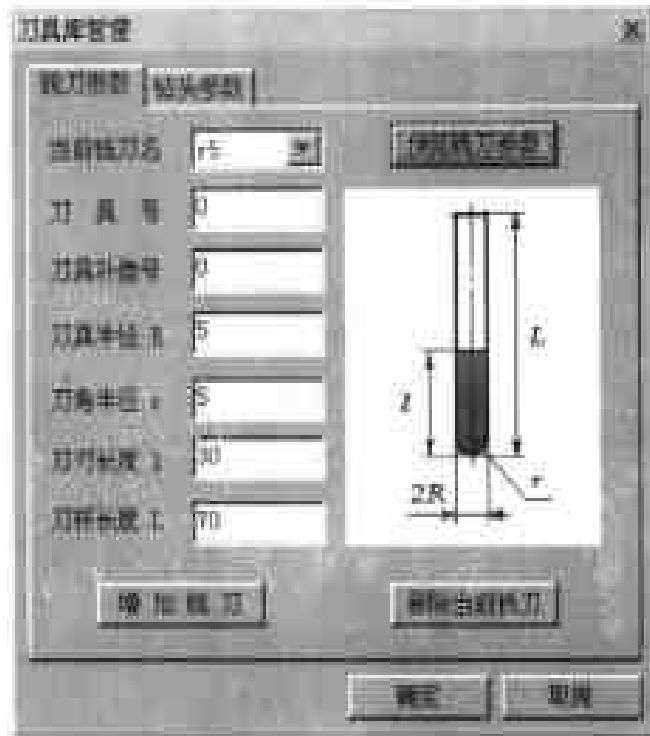


图 4-35

- 步骤 3:选择加工方式及加工参数,如图 4-36。  
选择五轴端铣加工方式,填写五轴端铣加工参数表。

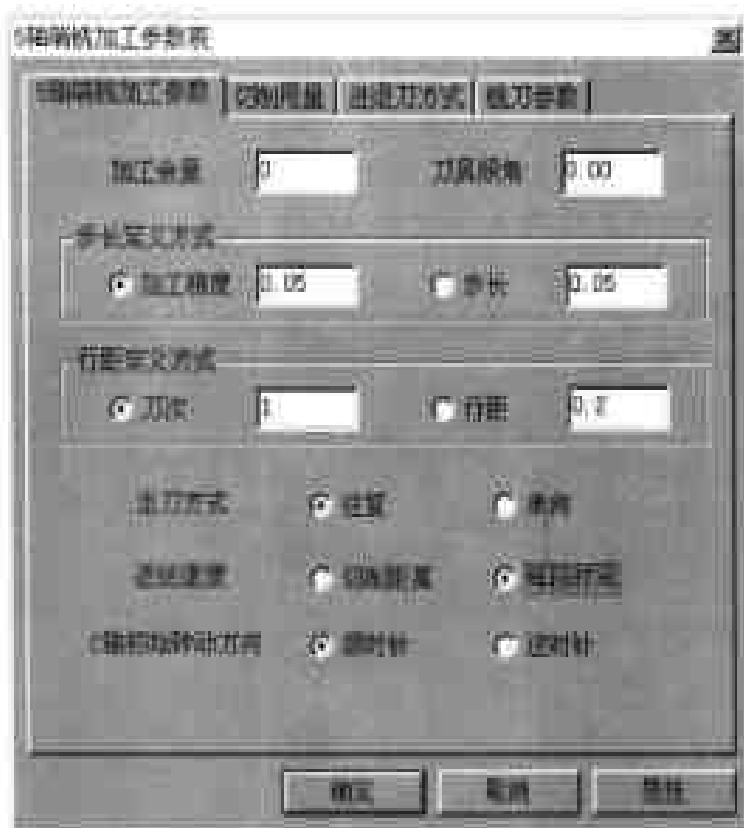


图 4-36

➤ 加工余量：“0”。

➤ 刀具倾角：“0”。

➤ 步长定义方式为二选一，在此可以选择“加工精度”。加工精度为插补直线的玄高，步长为插补直线长度。如果选择加工精度，系统将自动反推加工步长。此例中加工精度“0.05”。

➤ 行距定义方式含有“刀次”和“行距”。当刀次给“1”时，行距无效。在此实例中，使用 R5 球刀加工 R5 的过渡面，所以刀次给“1”即可。

➤ 走刀方式有“往复”、“单向”两种。当刀次为“1”时，走刀方式选哪种都没有区别。

➤ 进给速度有“切削距离”和“每段时间”两种设置。“切削距离”是把进给速度设置为刀具相对于工件的运动速度。类似于控制切削时刀具移动的线速度。如：给一个 F 值（后面将要提到的切削用量中的“进给速度”），在切削时刀具保持以此线速度移动。使用“切削距离”方式，当被加工曲面有很大的曲率变化时（小拐角处），刀具将会产生剧烈摆动，为解决此问题，CAXA 增加了“每段时间”选项。“每段时间”是把进给速度设置为时间导数。使用“每段时间”方式时，系统将按照“进给速度”F 值，计算以此速度进行加工的时间，然后根据此时间，以类似匀角速度方式推算每段的线速度 F 值，这样生成的代码中，每一个刀位点都将被赋予一个 F 值。当被加工曲面中有曲率变化较大的地方时，选择“每段时间”效果较好。但是这种方式受机床控制系统影响较大，不是所有系统都支持此种方式。对于 FANUC 系统，使用此方



式时,还应当加入“G93”。

► C轴初始转动方向含义为附加轴的初始转动方向,它不是特指C轴。如果机床为A、B旋转轴,其中A轴附在B轴上,此时的“C轴初始旋转方向”是指B轴初始旋转方向。如果B轴附在A轴上,此时的“C轴初始旋转方向”是指A轴初始旋转方向。

- 步骤4:填写“切削用量”参数表,如图4-37。

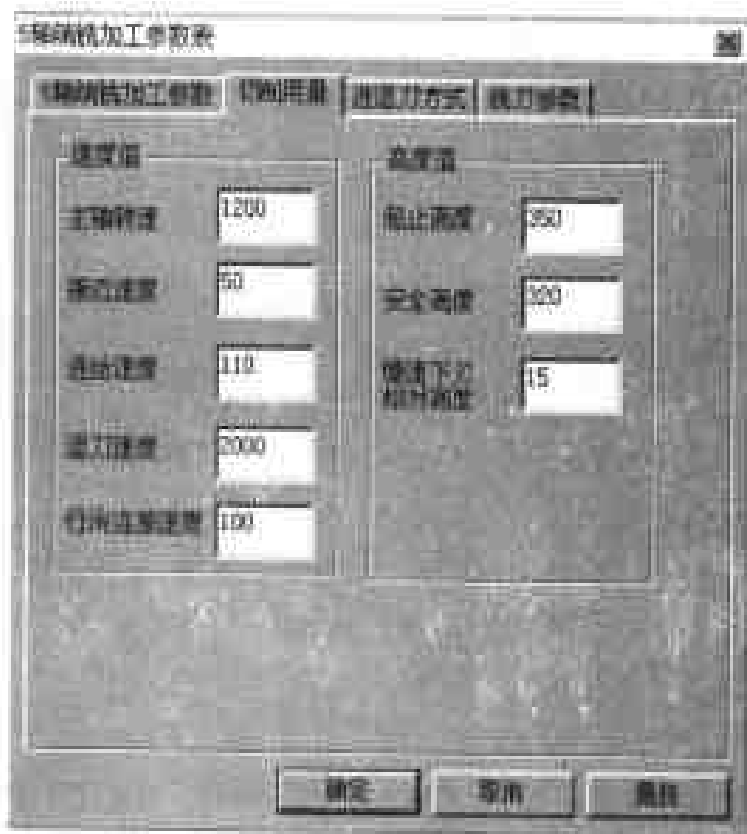


图 4-37

- 步骤5:填写“进退刀方式”参数表,此例中进退刀方式全部选择“垂直”即可。

- 步骤6:拾取被加工曲面,确定加工方向,如图4-38。

系统提示:拾取进刀点,用鼠标拾取曲面上一点后系统显示加工方向的绿色箭头,如图4-39,并提示:切换加工方向。

按鼠标左键切换加工方向,将加工方向改为如图4-40所示方向。

按鼠标右键确定后,系统显示加工面的方向(被加工曲面的法向方向)并提示:改变曲面方向。此时显示的箭头应当是朝上的,表示加工曲面上表面。直接按鼠标右键,系统将五轴端铣轨迹生成。

- 步骤7:进行加工仿真效果如图4-41。

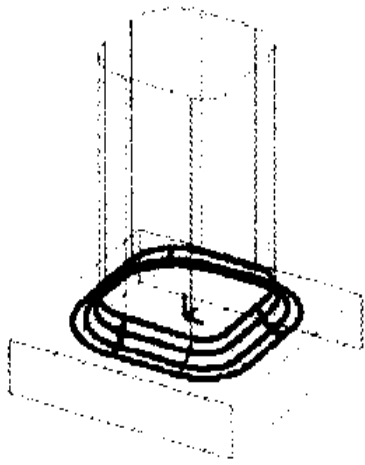


图 4-38

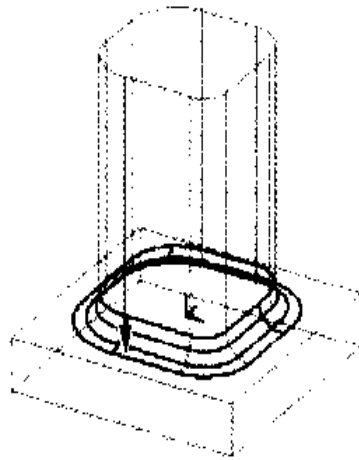


图 4-39

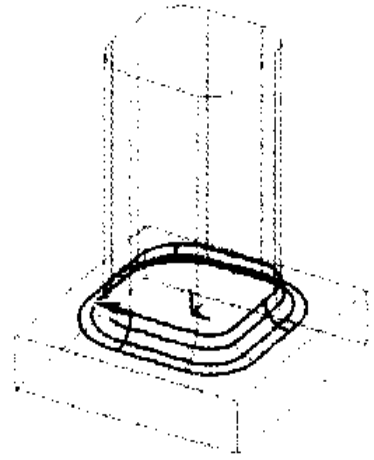


图 4-40

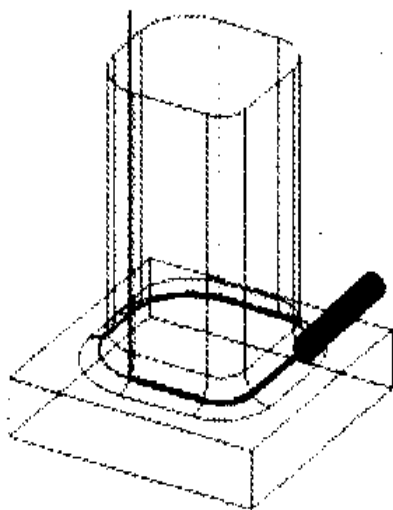


图 4-41

- 步骤 8:对于机床旋转轴为 A、B 轴的 FANUC 后置生成代码如下:

```

%5x.cut
N1;
N2G90G54G00Z350.000;
N3S1200M03;
N4Z420.000;
N5A45.000B-0.896;
N6G93G01X-6.095Y-10.607Z82.669A45.000B-0.896F100;
N7X-6.618Y-10.602Z82.659A44.991B-0.983F2499;
N8X-10.053Y-10.602Z82.509A44.909B-3.455F1033;
N9X-11.834Y-10.592Z82.369A44.825B-4.576F1546;
N10X-13.772Y-10.581Z82.170A44.703B-5.829F1473;

```

N11X-15.867Y-10.570Z81.899A44.536B-7.215F1406;  
N12X-18.114Y-10.560Z81.544A44.317B-8.735F1344;  
N13X-20.508Y-10.550Z81.090A44.040B-10.386F1287;  
N14X-22.517Y-10.527Z80.645A43.761B-11.727F1419;  
N15X-24.794Y-10.509Z80.072A43.404B-13.304F1310;  
N16X-27.367Y-10.500Z79.337A42.948B-15.145F1205;  
N17X-29.976Y-10.495Z78.492A42.414B-17.038F1182;  
N18X-30.495Y-10.408Z78.299A42.222B-17.157F2372;  
N19X-32.823Y-10.388Z77.438A41.642B-18.837F1250;  
N20X-35.159Y-10.366Z76.483A40.990B-20.550F1232;  
N21X-37.268Y-10.331Z75.540A40.322B-22.088F1292;  
N22X-39.158Y-10.282Z74.625A39.647B-23.455F1357;  
N23X-40.840Y-10.219Z73.753A38.972B-24.656F1428;  
N24X-42.650Y-10.160Z72.757A38.188B-25.994F1352;  
N25X-44.651Y-10.111Z71.582A37.249B-27.533F1257;  
N26X-44.742Y-10.024Z71.513A37.124B-27.469F5127;  
N27X-46.782Y-10.073Z70.243A36.147B-29.221F1531;  
N28X-46.923Y-9.884Z70.119A35.886B-29.069F2565;  
N29X-49.545Y-9.877Z68.332A34.354B-31.271F1010;  
N30X-51.119Y-9.783Z67.159A33.232B-32.521F1328;  
N31X-52.191Y-9.643Z66.310A32.320B-33.304F1564;  
N32X-53.375Y-9.508Z65.342A31.261B-34.214F1470;  
N33X-54.658Y-9.377Z64.251A30.036B-35.245F1386;  
;  
N300X-0.567Y-10.622Z82.645A44.929B0.481F2505;  
N301X-1.051Y-10.619Z82.651A44.943B0.435F2503;  
N302X-1.536Y-10.616Z82.657A44.955B0.387F2501;  
N303X-2.024Y-10.614Z82.662A44.967B0.338F2499;  
N304X-2.512Y-10.612Z82.667A44.976B0.288F2498;  
N305X-3.002Y-10.610Z82.670A44.984B0.236F2496;  
N306X-3.494Y-10.609Z82.673A44.991B0.184F2494;  
N307X-3.987Y-10.608Z82.676A44.996B0.130F2492;  
N308X-4.481Y-10.607Z82.677A44.999B0.075F2490;  
N309X-4.913Y-10.607Z82.677A44.999B0.075F2545;  
N310X-4.455Y-10.607Z432.677A44.999B0.075F57;  
N311G00A0.000B0.000;  
N312M05;

N313M30;

%

注意:上面的代码中速度进给是按照“每段时间”给出的,所以每一行都有 F 值。

## 4.2 CAXA 线切割 V2 软件

CAXA 线切割主要以 CAXA—WEDM V2 版内容为主进行介绍。图 4-42 为 CAXA—WEDM V2 版本代号图框。



图 4-42

### 4.2.1 CAXA 线切割概况

CAXA 线切割软件是以 CAXA 的主要 CAD 软件电子图板为平台的二维 CAM 软件。具有 CAXA 电子图板的所有绘图功能、尺寸标注功能、图库功能、模板功能、打印功能等。在图形方面增加了花键功能、位图矢量化功能、轮廓文字功能。加工方面具有轨迹操作模块、代码生成模块、传输与后置模块。代码输出支持 3B/4B 代码和 G 代码输出,适用国产快走丝机床和标准 G 代码的慢走丝机床。其代码传输,如果机床具有串口,可通过计算机的 RS232 串口直接进行通信,也可直接通过计算机并口与快走丝线切割机床的电报头进行通信。

### 4.2.2 CAXA 线切割的特点

- 设计、编程集成化

“CAXA 线切割 V2”可以完成绘图设计、加工代码生成、联机通讯等功能,集图纸设计和代码编程于一体。

- 更完善的数据接口

“CAXA 线切割 V2”可直接读取 EXB 格式文件、DWG 格式文件、任意版本的 DXF 格式文件以及 IGES 格式、DAT 格式等类型的文件,使几乎所有 CAD 软件生成的图形都能直接读

入“CAXA 线切割 V2”。这样不管用户的数据来自何方,均可利用“CAXA 线切割 V2”完成加工编程,生成加工代码。

- 图纸、代码的打印

“CAXA 线切割 V2”可在软件内直接从打印机上输出图纸和生成的代码。其中代码还允许用户进行排版、修改等操作,加强了图纸、代码的管理功能。

- 交互式的图像矢量化功能

位图矢量化一直是用户很欢迎的一个实用功能,新版本对它也进行了加强和改进。新的位图矢量化功能能够接受的图形格式更多、更常见,它可以适用于 BMP、GIF、JPG、PNG 等格式的图形。而且在矢量化后可以调出原图进行对比,在原图的基础上对矢量化后的轮廓进行修正。

- 齿轮、花键加工功能

解决任意参数的齿轮加工问题。输入任意的模数、齿数等齿轮相关参数,由软件自动生成齿轮、花键的加工代码。

- 完善的通讯方式

可以将电脑与机床直接联机,将加工代码发送到机床的控制器。“CAXA 线切割 V2”提供了电报头通讯、光电头通讯、串口通讯等多种通讯方式,能与国产现有的所有机床连接。

#### 4.2.3 轨迹操作

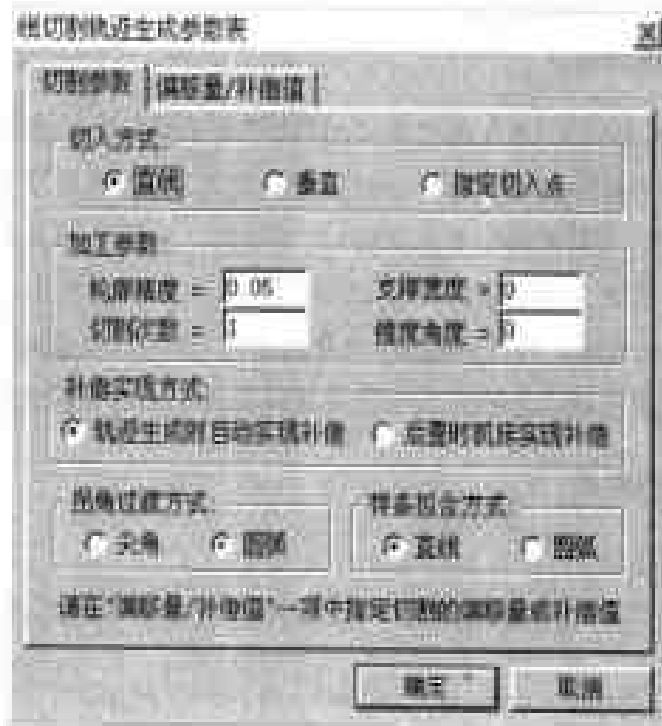


图 4-43

## 1. 轨迹生成

### (1) 三种切入方式

- 直线切入: 丝直接从穿丝点切入到加工起始段的起始点, 如图 4-44(a)。
- 垂直切入: 丝从穿丝点垂直切入到加工起始段, 以起始段上的垂点为加工起始点。当在起始段上找不到垂点时, 丝直接从穿丝点切入到加工起始段的起始点, 此时等同于直线切入, 如图 4-44(b)。
- 指定切入点: 这种方式允许用户在轨迹上选择一个点作为加工的起始点, 丝从穿丝点沿直线走到选择的切入点, 然后按事先选择的加工方向进行加工, 如图 4-44(c)。

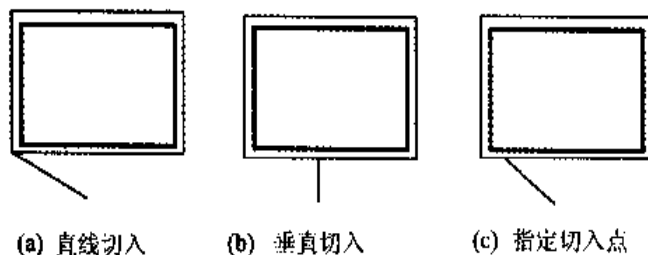


图 4-44

### (2) 加工参数

- 轮廓精度: 如图 4-45 所示。

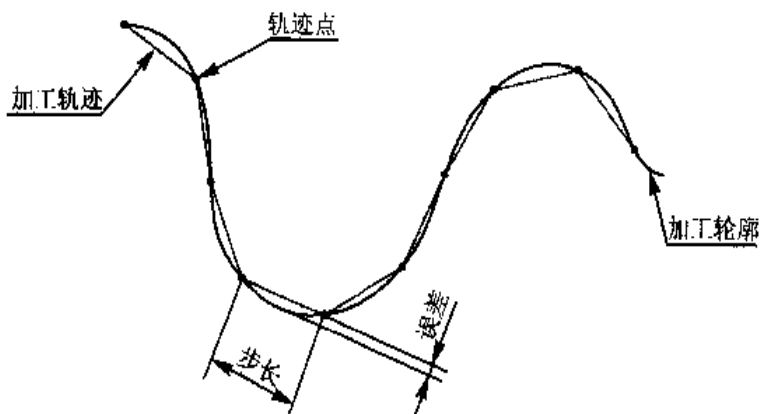


图 4-45

- 切割次数: 对于需要较高切割精度的轮廓, 可以设置一次以上的切割次数, 最多为 10 次。
- 支撑宽度: 当使用一次以上的切割次数时有效。支撑宽度是多次线切割的一种特殊工艺需求。它是指多次切割中, 最后一次切割前, 每次切割保留不切割的长度。  
如果切割一个凸型零件, 要切割两次。如果不使用支撑宽度, 那么在第一次切割结束后, 被加工零件就已经脱离毛坯而掉了, 第二次加工无法继续, 如图 4-46。  
使用支撑宽度后, 第一次切割并没有将零件从毛坯上完全切割下来, 而是还有一个段相连

的部分(支撑宽度),第二次切割时最后将这一小段相连的地方切开。

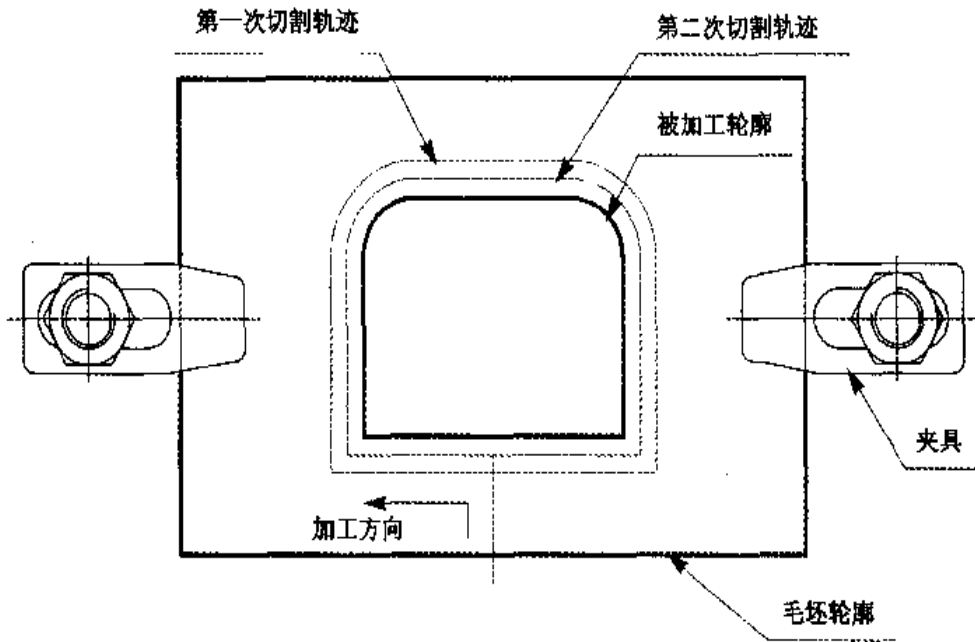


图 4-46

图 4-47 为两次切割轨迹形状。

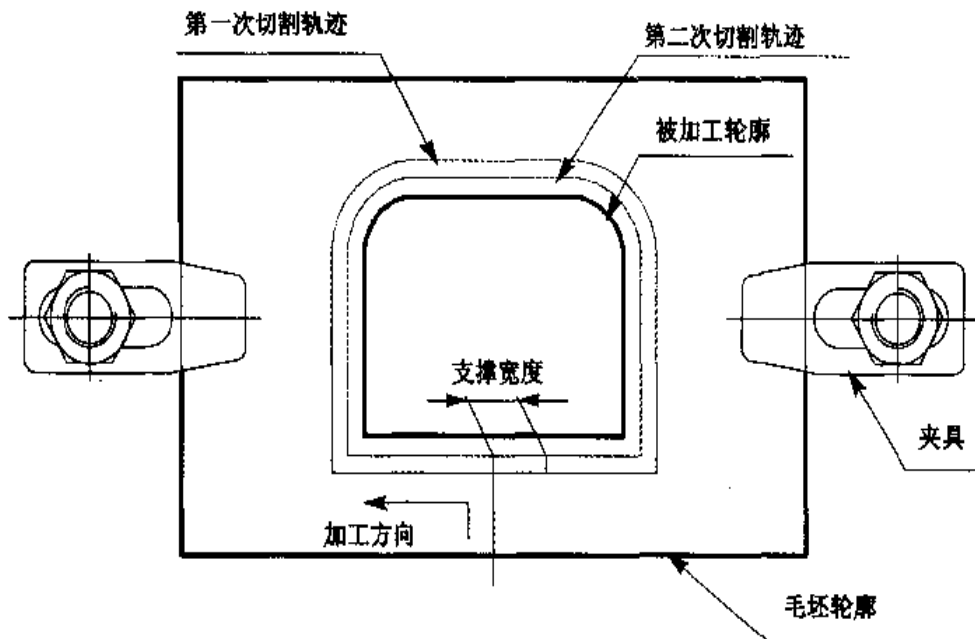


图 4-47

其中第一次切割的轨迹形状如图 4-48(a),将第二次切割轨迹分解为两部分后如图 4-48(b)、(c)。

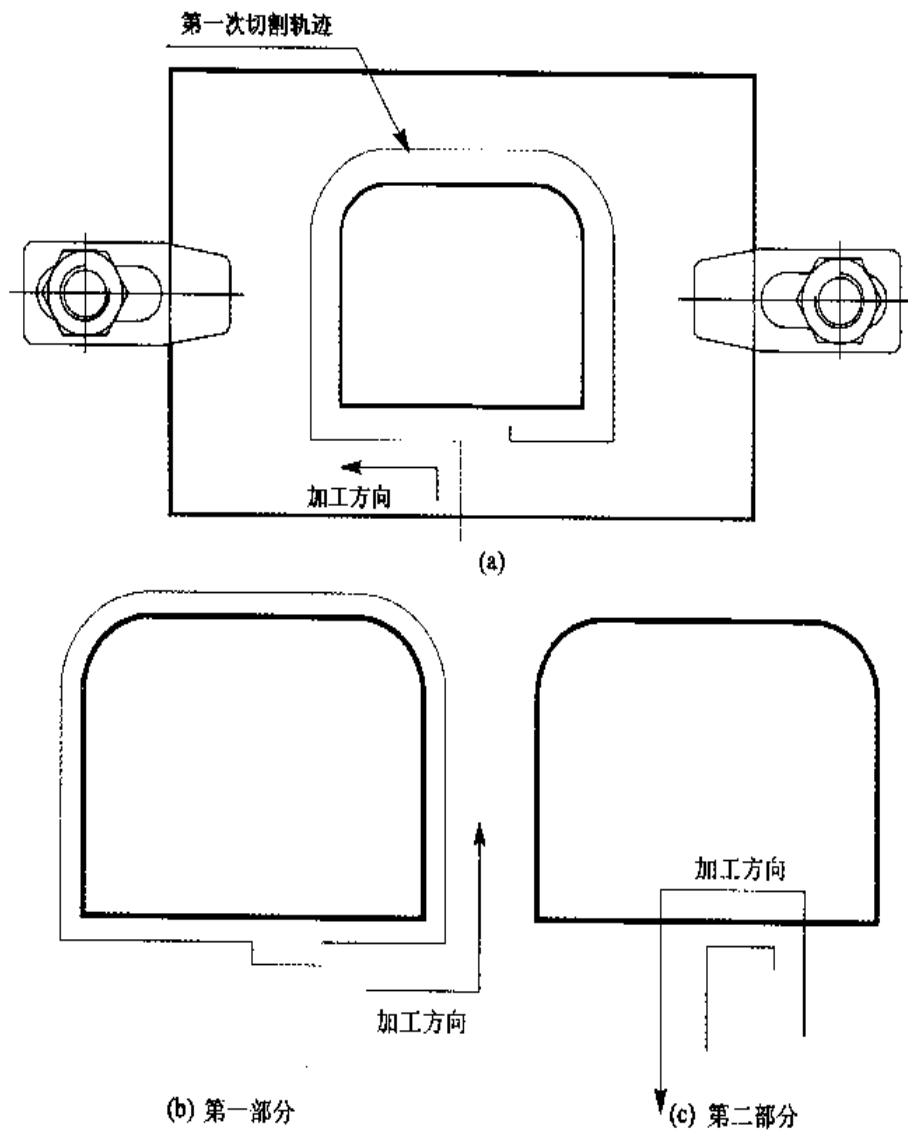


图 4-48

● 锥度角度:切割含等锥度的零件,如图 4-49 所示形状。锥度角度参数和机床硬件有很大关系,不是所有线切割机床都支持锥度切割,且能够切割的最大锥角也不尽相同。大多数机床切割的锥度在 $\pm 30^\circ$ 以内。目前只有 G 代码支持锥度,3B 格式没有锥度内容。



图 4-49



### (3) 补偿实现方式

● 轨迹生成时实现自动补偿:软件处理轨迹时已考虑丝半径和放电间隙(偏移量/补偿值)。

● 后置时机床实现补偿:软件处理时不考虑丝半径和放电间隙,而由机床操作系统处理,软件输出的代码为加工原始轮廓代码。

### (4) 拐角过渡方式

切割凸型零件拐角为尖角的地方,在软件中可以选择尖角过渡或圆角过渡。如示意图 4-50。图形中间的矩形为要切割轮廓,外侧的点划线为加工轨迹,四个角上的双点划线小圆为切割丝截面(假设没有放电间隙)。

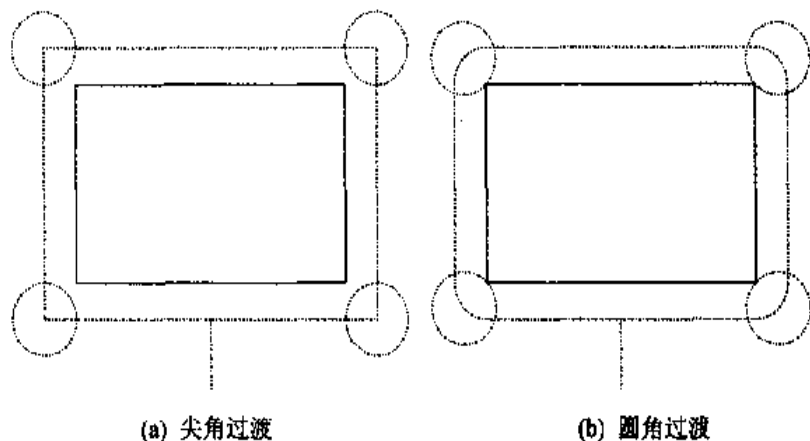


图 4-50

由此例可以看出这两种情况下,切割丝运动时形成的内包络线都是被加工轮廓——矩形。但是在实际应用中,由于机床的性能差异,它们会有所不同。

当某些机床不具有尖角处点参数自动变化处理时,使用圆角过渡方式的轨迹会好一些,因为大多数机床在直线尖角处会产生停顿,这种停顿如果点参数不跟着相应变化,将有可能造成工件尖角处缺陷。使用圆角过渡,由于没有尖角(死点),切割过程中没有停顿点,不需要点参数进行变化,切割效果会好些。

### (5) 样条拟合方式

针对切割轮廓中有样条曲线(包括公式曲线、渐开线齿轮等),由于大多数机床,尤其是快走线机床,控制系统不支持此类曲线切割,当切割此类曲线时,CAXA 系统提供两种拟合方式:直线、圆弧。

如果机床控制系统没有圆弧指令(一些老系统或低档系统),应当使用直线拟合。如果机床支持圆弧拟合,选择圆弧拟合方式较好,可以减少代码量且切割更平滑一些。

注意:使用拟合方式时,轮廓精度参数起作用。

## (6) 偏移量/补偿值

“偏移量/补偿值”选项在“线切割轨迹生成参数表”中,如图 4-51。



图 4-51

偏移量/补偿值在线切割中的含义是:丝半径+放电间隙+加工余量,如图 4-52 所示。

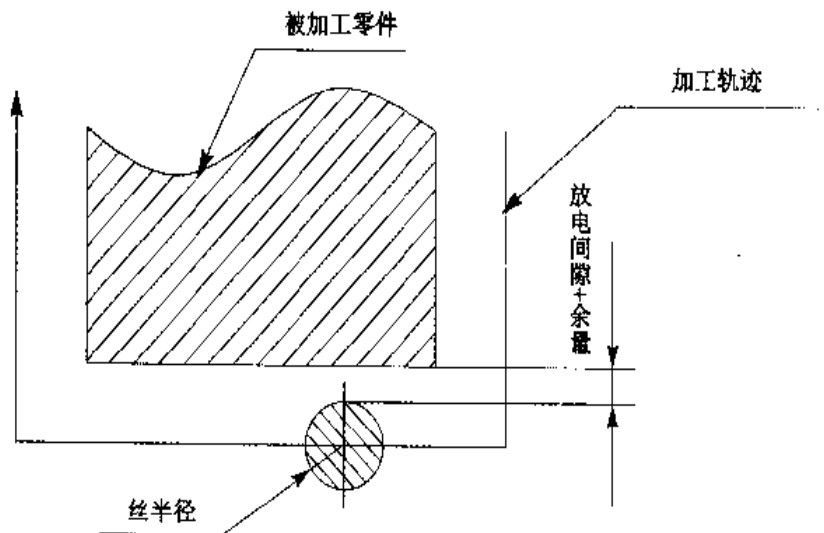


图 4-52

偏移量/补偿值和切割次数对应也和补偿实现方式有关。当补偿方式设置为后置时机床实现补偿时,偏移量/补偿值可以不填写。

## 2. 轨迹跳步

轨迹跳步是将多个独立的加工轨迹连接成为一个具有跳步功能的轨迹。如在一个工件上切割多个孔,每一个孔轮廓生成一个轨迹。在线切割加工过程中,当第一个孔切割结束后,需要断丝、移动到下一个孔的穿丝点位置,进行穿丝,然后再切割。这套动作就是跳步切割,既切割完一个轮廓后自动移动到下一个轨迹的切割起点的过程。

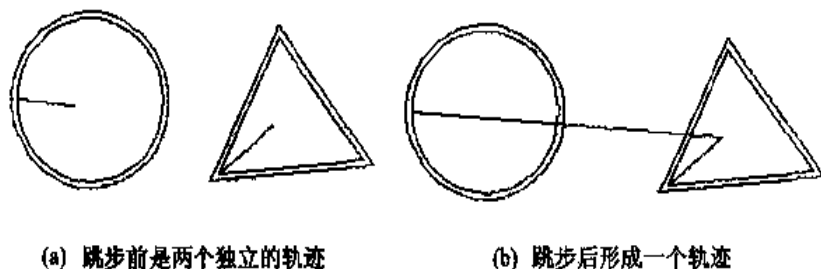


图 4-53

注意:当每一个孔(或凸形零件)的锥度不一样,不要使用轨迹跳步功能将多个轨迹连成一个轨迹。因为这样做的结果将使后面的轨迹锥度变成与第一个轨迹(按跳步时拾取的顺序,拾取的第一个轨迹)一致。

## 3. 跳步取消

跳步取消是轨迹跳步的逆过程,只有经过跳步的轨迹才可以进行跳步取消操作。

## 4. 轨迹仿真

轨迹仿真就是模拟加工过程。它具有静态和连续(动态)方式两种。静态仿真仅是将加工过程按轨迹点顺序标出;连续仿真是以线框形式表达的丝沿着指定的加工轨迹遍历一周,模拟实际加工过程中切削工件的情况。

仿真立即菜单为“**连续** ”。步长决定了连续仿真的速度,但是它不代表实际加工中的切割速度,仅仅是仿真时的显示速度。

## 5. 查询切割面积

切割面积是线切割加工中的重要参数,它是间接估算加工时间和加工成本的依据。CAXA 线切割软件提供的查询切割面积的功能是根据生成轨迹的长度乘以切割厚度计算的。轨迹长度由系统自动计算得出、切割厚度要求用户输入。

CAXA 线切割中轨迹长度和厚度单位都是“mm”,查询的切割面积单位是“mm<sup>2</sup>”。

### 4.2.4 代码生成

#### 1. 概述

国内线切割机床使用的代码分为两大类:国际通用 G 代码和 3B 代码。具体到各种机床的操作系统,其代码格式又有很多差异。3B 代码格式也有很多变种,如 R3B 代码(4B)等。

CAXA 可以通过后面提到的机床设置来设置这些不同的代码格式。

代码生成处理功能就是结合特定机床把系统生成的加工轨迹转化成机床代码 G 指令或 B 指令,生成的 G 代码或 B 代码可以直接输入数控机床用于加工。CAXA 线切割不仅可以生成这些特定的数控代码程序格式,同时也可以对生成的机床代码的正确性进行校核。

## 2. 3B/4B 代码生成

在 CAXA 线切割中 3B 代码和 4B 代码生成有 4 种格式可选。它们是:紧凑指令格式、对齐指令格式、指令校验格式、详细指令格式。下面用一个 3B 指令程序看一下它们的不同。

### ● 紧凑格式:

```
B0B15374B15374GYL4
B35720B0B35720GXL3
B0B43726B43726GYL2
B200B0B116GYNR1
B36156B25829B140527GYSR3
B163B116B116GYNR2
B1B43725B43725GYL4
B36518B0B36518GXL3
B0B15374B15374GYL2
DD
```

### ● 对齐指令格式:

```
B      0B  15374B   15374GYL4
B  35720B      0B   35720GXL3
B      0B  43726B   43726GYL2
B    200B      0B     116GYNR1
B  36156B  25829B  140527GYSR3
B    163B    116B    116GYNR2
B      1B  43725B   43725GYL4
B  36518B      0B   36518GXL3
B      0B  15374B   15374GYL2
DD
```

### ● 指令校验格式:

```
*****
CAXAWEDM—Version2.0,Name;t.3B
ConnerR=0.00000,OffsetF=0.20000,Length=385.405mm
*****
```

```

StartPoint = 27.80530, 45.89697; X, Y
N 1:B 0B 15374B 15374GY L4; 27.805, 30.523
N 2:B 35720B 0B 35720GX L3; -7.915, 30.523
N 3:B 0B 43726B 43726GY L2; -7.915, 74.249
N 4:B 200B 0B 116GY NR1; -7.952, 74.365
N 5:B 36156B 25829B 140527GY SR3; 64.360, 74.364
N 6:B 163B 116B 116GY NR2; 64.323, 74.248
N 7:B 1B 43725B 43725GY L4; 64.324, 30.523
N 8:B 36518B 0B 36518GX L3; 27.806, 30.523
N 9:B 0B 15374B 15374GY L2; 27.806, 45.897
N 10:DD

```

● 详细指令格式:

\*\*\*\*\*

CAXAWEDM--Version2.0,Name,t.3B

ConnerR=0.00000, OffsetF=0.20000,Length=385.405 mm

\*\*\*\*\*

StartPoint=27.80530, 45.89697; X, Y

```

N 1:B 0B 15374B 15374GY L4
(直线起点: 27.8053, 45.8970)(终点: 27.8053, 30.5230)
N 2:B 35720B 0B 35720GX L3
(直线起点: 27.8053, 30.5230)(终点: -7.9147, 30.5230)
N 3:B 0B 43726B 43726GY L2
(直线起点: -7.9147, 30.5230)(终点: -7.9147, 74.2490)
N 4:B 200B 0B 116GY NR1
(圆弧起点: -7.9147, 74.2490)(终点: -7.9518, 74.3650)
(圆心: -8.1146, 74.2488)(半径: 0.2000)
N 5:B 36156B 25829B140527GY SR3
(圆弧起点: -7.9518, 74.3650)(终点: 64.3597, 74.3643)
(圆心: 28.2044, 100.1943)(半径: 44.4345)
N 6:B 163B 116B 116GY NR2
(圆弧起点: 64.3597, 74.3643)(终点: 64.3227, 74.2483)
(圆心: 64.5234, 74.2488)(半径: 0.2000)
N 7:B 1B 43725B 43725GY L4
(直线起点: 64.3227, 74.2483)(终点: 64.3237, 30.5233)
N 8:B 36518B 0B 36518GX L3
(直线起点: 64.3237, 30.5233)(终点: 27.8057, 30.5233)

```

```
N 9;B      0B 15374B 15374GY L2
      (直线起点: 27.8057, 30.5233)(终点: 27.8057, 45.8973)
N 10;DD
```

这四种格式中紧凑指令格式和对齐指令格式属于可以直接发送到机床进行加工的代码,而指令校验格式和详细指令格式不能直接发送到机床进行加工。指令校验格式和详细指令格式,是为了阅读方便而提供的一种生成方式。它还可以用来给那些不具传输条件,而必须手工输入的人进行手工输入时提供可阅读的文本文件。

在 3B/4B 代码生成时,CAXA 线切割还提供了停机指令和暂停码的设置。当机床系统要求的暂停码或停机指令与软件默认的不符时,可以通过 CAXA 线切割软件的设置项进行修改。

### 3. 校核 B 代码

校核 B 代码就是把生成的 B 代码文件反读进来,恢复线切割加工轨迹,以检查该代码程序的正确性。

注意:3B 代码本身是采用相对坐标表示的,即当前轨迹点的坐标不是相对绝对坐标表示的,而是相对前一点的坐标。所以在校核 3B 代码时,系统无法恢复原始的绝对坐标,只能将切割的起点坐标当作绝对坐标原点。

如一个起点相对于绝对坐标为(20,20)的矩形切割轨迹,生成 3B 格式的代码,再进行校核代码操作。代码读入系统后,图形的起点将变为(0,0),但是图形的形状及大小不会有任何变化。

### 4. 生成 G 代码

后置生成就是按照当前机床类型的配置要求,把已经生成的加工轨迹转化生成 G 代码数据文件,即 CNC 数控程序,有了数控程序就可以直接输入机床进行数控加工。

### 5. 校核 G 代码

校核 G 代码就是把生成的 G 代码文件反读进来,恢复生成加工轨迹,以检查生成的 G 代码的正确性。如果反读的刀位文件中包含圆弧插补,需用户指定相应的圆弧插补格式,否则可能得到错误的结果。若后置文件中的坐标输出格式为整数,且机床分辨率不为 1000 时,反读的结果是不对的。即系统不能读取坐标格式为整数且分辨率为非 1000 的情况。

另外由于各类机床控制系统在非标代码上的差异很大,如大多数宏指令、循环语句等。此类代码 CAXA 的校核功能也无法支持。

### 6. 查看/打印代码

CAXA 线切割 V2 版的代码察看和打印功能通过直接调用 Windows 的应用程序“记事本”(当被察看的代码文件较大时会自动调用 Windows 的“写字板”),可以使用 Windows 系统的“记事本”或“写字板”的查看及打印功能,并可以进行代码编辑。

## 7. 粘贴代码

应用户要求,CAXA 线切割 V2 版新增功能。目的是将生成的代码附在 CAXA 线切割图形文件上,以便日后察看或打印代码、图形、说明等混合工艺单据。

该功能必须在生成了代码后才有效。它使用 EB 的文字功能和系统“剪切板”功能。当生成代码后,系统自动将生成的代码存放到“剪切板”,此时使用“粘贴代码”功能,就可以将其粘贴到图形中。

注意:如果分别生成了一个以上的代码文件,“剪切板”中的内容将是最后一次生成的代码。粘贴代码也允许直接读入已经存在的代码(EB 的文字读入功能)。

### 4.2.5 使用 G 代码的机床参数设置

这里说的机床参数设置不是在实际意义中的机床上进行参数调整,而是在 CAXA 线切割软件中根据机床调整 CAXA 和代码有关的参数。

CAXA 线切割的机床设置(专指 G 代码)包括:

- 机床类型的增加与删除
- 行号地址
- 行结束符
- 设置当前点坐标
- 坐标系设置
- 快速移动
- 顺时针圆弧插补
- 逆时针圆弧插补
- 直线插补
- 开走丝
- 关走丝
- 冷却液开
- 冷却液关
- 绝对指令
- 相对指令
- 程序停止
- 暂停指令
- 左补偿
- 右补偿
- 指定补偿值
- 补偿关闭
- 左锥度
- 右锥度
- 指定锥度角度
- 锥度关闭
- 程序起始符
- 程序结束符
- 说明
- 程序头
- 跳步开始
- 跳步结束
- 程序尾

## 4.3 CAXA 数控车

CAXA 数控车是在 CAXA 制造工程师平台上开发的 CAM 软件。它去掉了 CAXA 制造工程师的三维部分。将 CAXA 制造工程师的铣刀刀具库替换为车刀刀具库。提供车削专用

功能:内外轮廓的粗精车削、端面车削、车床切槽、螺纹车削等专用功能,以及相应的车削机床后置。

### 4.3.1 CAXA 数控车坐标系

#### 1. 默认坐标系

数控车床的坐标系一般为一个二维的坐标系: XZ。其中“Z”为水平轴,如图 4-54。而一般 CAD/CAM 系统的常用二维坐标系为 XY。为便于与 CAD 系统操作统一,又符合数控车床实际情况,CAXA 数控车在系统坐标系上作了些处理。



图 4-54

首先,在 CAXA 数控车系统中,图形坐标的输入仍然按照一般 CAD 系统的方式输入,使用 XY 坐标系。在轨迹生成代码时自动将 X 坐标转换为 Z 坐标,将 Y 坐标转换为 X 坐标。所以在 CAXA 数控车的界面中显示的坐标系如图 4-55,括号中的坐标为输出代码时的坐标系,括号外的坐标为系统图形绘制时使用的坐标系。

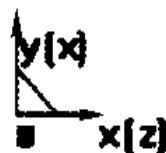


图 4-55

#### 2. 立式数控车床使用的默认坐标系

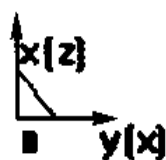


图 4-56

对于某些立式数控车床,需要使用的默认坐标系与卧式数控车床的坐标系不同。为适应此类数控车床的需求,CAXA 数控车系统提供了功能键“F5”、“F6”。按 F5 键为普通数控车使用的默认坐标系,按 F6 键为立式数控车使用的默认坐标系如图 4-56,括号中的坐标为输出机床代码的坐标,括号外的坐标为图形绘制时使用的坐标。

### 4.3.2 CAXA 数控车的刀具库

CAXA 数控车提供了四种类型的刀具库:轮廓车刀、切槽刀具、钻孔刀具、螺纹车刀。



## 1. 轮廓车刀

轮廓车刀包括了使用最多的标准车刀和球型(鸭嘴)车刀。它的刀具定义参数表如图 4-57 所示。



图 4-57

### ● 刀具参数

- 刀具名: 刀具的名称, 用于刀具标识和列表。刀具名是唯一的。
- 刀具号: 刀具的序列号, 用于后置处理的自动换刀指令。刀具号唯一, 并对应机床的刀库。
- 刀具补偿号: 刀具补偿值的序列号, 其值对应于机床的数据库。
- 刀柄长度: 刀具可夹持段的长度。
- 刀柄宽度: 刀具可夹持段的宽度。
- 刀角长度: 刀具可切削段的长度。
- 刀尖半径: 刀尖部分用于切削的圆弧的半径。
- 刀具前角: 刀具前刃与工件旋转轴的夹角。
- 刀具后角: 刀具后刃与工件旋转轴的夹角。

### ● 轮廓车刀类型

CAXA 提供的刀具类型有: 外轮廓车刀、内轮廓车刀、端面车刀。

- 刀具类型

CAXA 刀具类型有:普通刀具和球形刀具。

- 对刀点方式

CAXA 数控车在轨迹生成时刀具补偿方式既可以由机床自身提供自动补偿,也可以由 CAXA 系统在轨迹中加入补偿。如果使用 CAXA 编程时考虑补偿的方式,对刀点方式将起作用。

对刀点方式有两种:刀尖尖点对刀、刀尖圆心对刀,如图 4-58 所示。

刀尖尖点对刀方式是采用直角对刀方式,轨迹反映的是直角的尖点。刀尖圆心对刀方式是使用刀尖直角对刀后反推圆心的位置,轨迹反映的是刀尖圆心的轨迹。

对于下面轮廓的车削,使用不同的对刀方式,轨迹将有所不同。

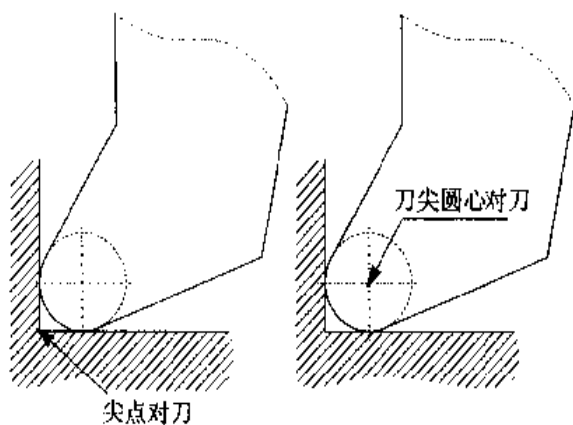


图 4-58

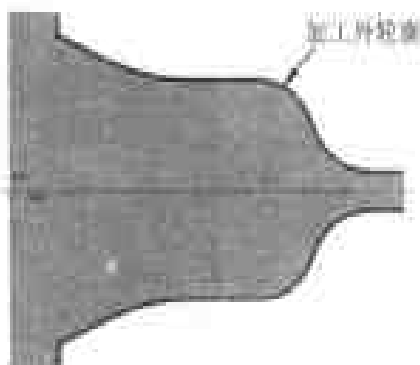


图 4-59

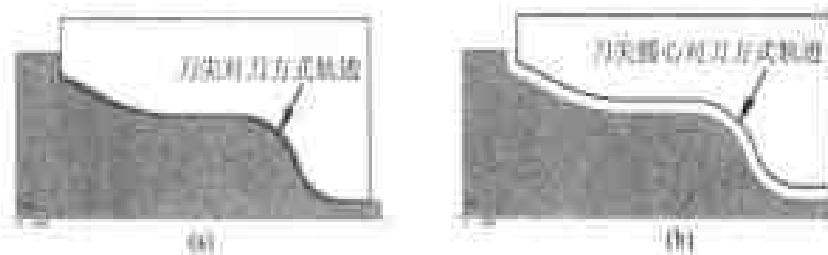


图 4-60

- 刀具偏置方向

根据正向加工和反向加工及精加工的需要,CAXA 数控车系统刀具偏置方式设置了左偏、右偏、对中三种方式。

## 2. 切槽刀具

CAXA 数控车提供了且槽刀具的定义,其参数表如图 4-61。

其中编程刀位点与轮廓车刀中的对刀点方式是一致的,只是由于切槽刀具可以正反两个

方向都允许,所以其对刀点方式比轮廓车刀多。切槽刀具的编程刀位点(对刀方式)有:前刀尖、前刀尖圆心、后刀尖、后刀尖圆心、刀刃中点。

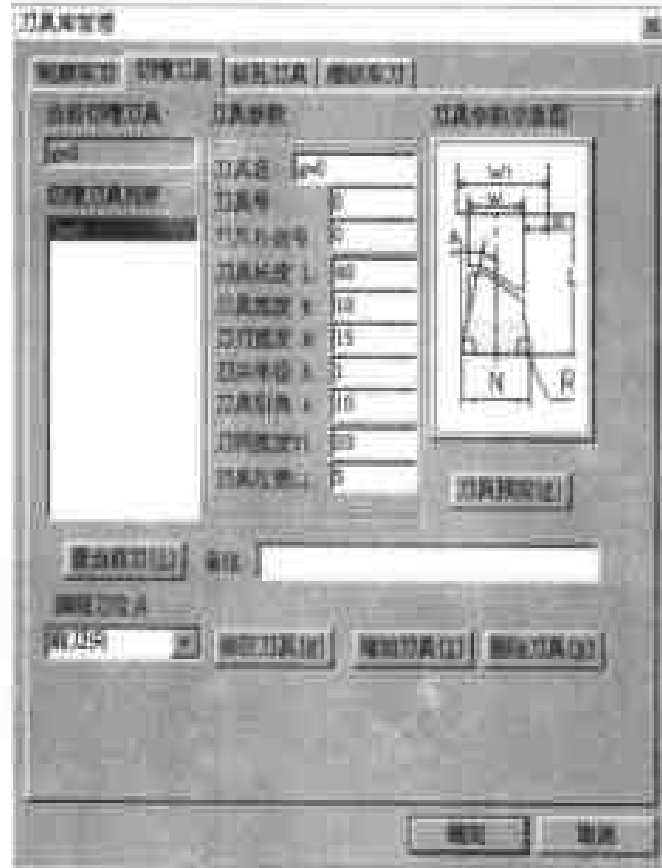


图 4-61

### 3. 钻孔刀具

钻孔刀具参数表如图 4-62。

### 4. 螺纹车刀

螺纹车刀参数表如图 4-63。

螺纹刀具种类包括:英制螺纹、米制螺纹、方牙螺纹、梯形螺纹、自定义螺纹。

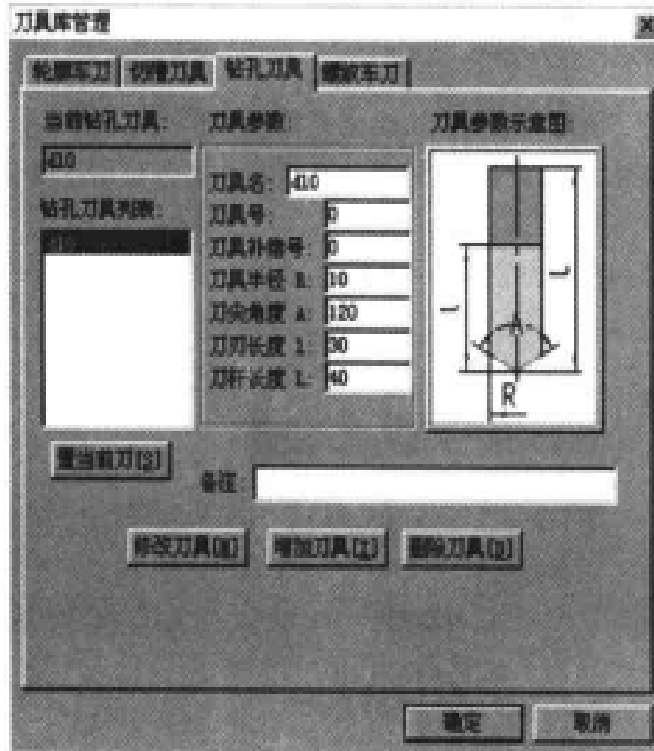


图 4-62

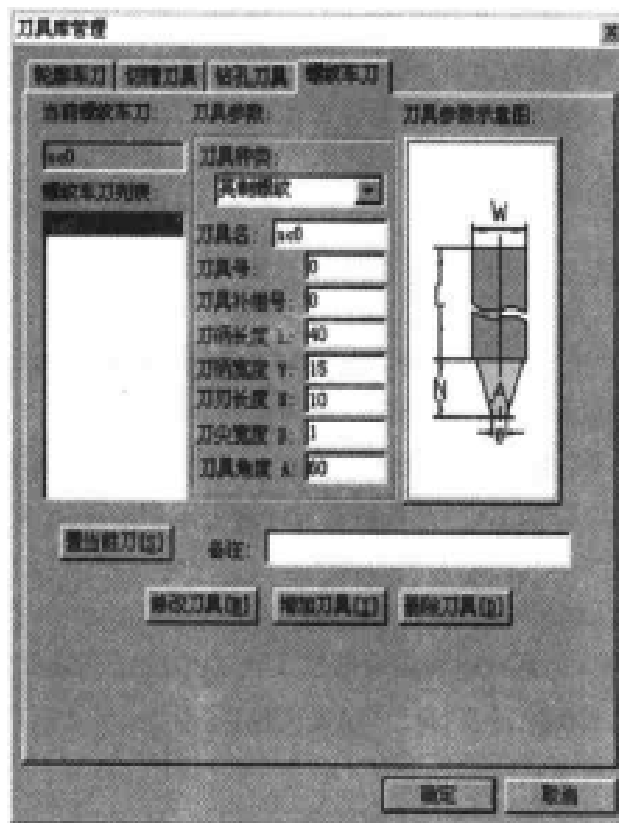


图 4-63

### 4.3.3 CAXA 数控车的刀具刀尖半径补偿

目前大多数数控车系统都具有刀具刀尖半径补偿功能,所以针对此类机床编程时,一般只需要给出被加工原始轮廓的代码即可。但是还有相当一部分机床不具备刀尖半径补偿功能,这类机床的编程轨迹必须考虑刀尖半径补偿。

CAXA 数控车提供两种编程方式,一种为使用机床自动补偿方式,另一种为系统生成轨迹时考虑半径补偿方式。

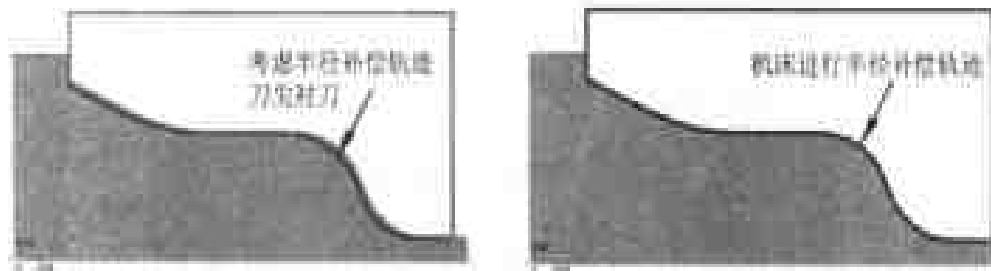


图 4-64

### 4.3.4 CAXA 数控车编程方式(半径/直径)

数控机床属于回转加工方式。其回转截面上的圆可以用半径表示也可以用直径表示。普通数控车床大多数的默认方式是用直径表示,但是也有一些机床用半径表示。

CAXA 数控车提供两种编程方式:半径编程、直径编程。即输出的代码是表示直径还是表示半径。其设置项在 CAXA 数控车的后置设置中。

### 4.3.5 CAXA 数控车的进退刀方式

CAXA 数控车的进退刀方式设置在“粗车参数表”对话框下,如图 4-65。

#### 1. 进刀方式

“相对毛坯进刀方式”用于指定对毛坯部分进行切削时的进刀方式,“相对加工表面进刀方式”用于指定对加工表面部分进行切削时的进刀方式。

- 与加工表面成定角:指在每一切削行前加入一段与轨迹切削方向成一定角度的进刀段,刀具垂直进刀到该进刀段的起点,再沿该进刀段进刀至切削行。“角度”定义该进刀段与轨迹切削方向的夹角,“长度”定义该进刀段的长度。

- 垂直进刀:指刀具直接进刀到每一切削行的起始点。

- 矢量进刀:指在每一切削行前加入一段与系统 X 轴(机床 Z 轴)正方向成一定夹角的进刀段,再沿该进刀段进刀至切削行。“角度”定义矢量(进刀段)与系统 X 轴正方向的夹角,“长度”定义矢量(进刀段)的长度。

#### 2. 退刀方式

“相对毛坯退刀方式”用于指定对毛坯部分进行切削时的退刀方式,“相对加工表面退刀方

式”用于指定对加工表面部分进行切削时的退刀方式。

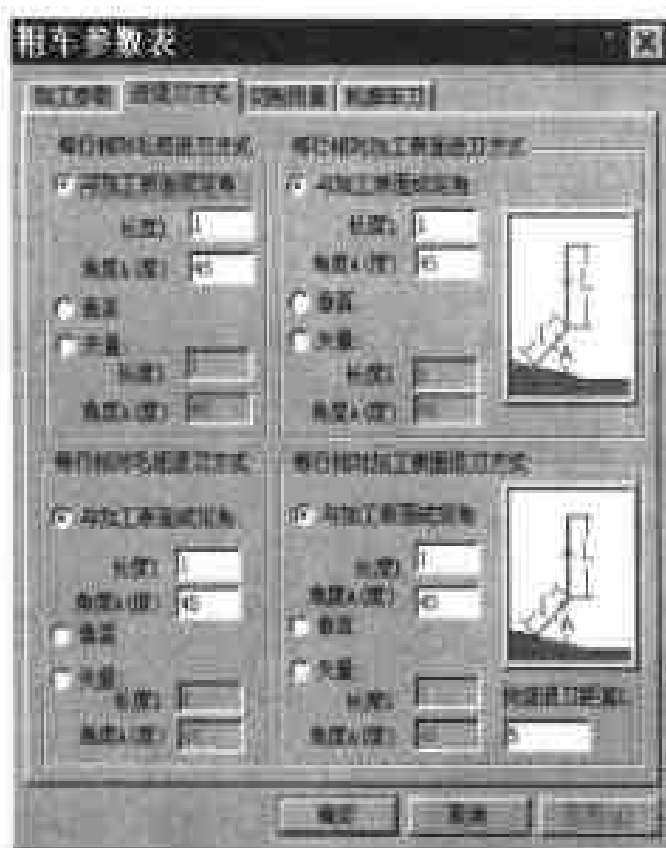


图 4-65

- 与加工表面成定角:指在每一切削行后加入一段与轨迹切削方向成一定角度的退刀段,刀具先沿该退刀段退刀,再从该退刀段的末点开始垂直退刀。“角度”定义该退刀段与轨迹切削方向的夹角,“长度”定义该退刀段的长度。

- 垂直退刀:指刀具直接从终点退刀。

- 矢量退刀:指在每一切削行后加入一段与系统 X 轴(机床 Z 轴)正方向成一定夹角的退刀段,刀具先沿该退刀段退刀,再从该退刀段的末点开始垂直退刀。“角度”定义矢量(退刀段)与系统 X 轴正方向的夹角,“长度”定义矢量(退刀段)的长度快速退刀距离,即以给定的退刀速度回退的距离(相对值),在此距离上以机床允许的最大进给速度 G00 退刀。

#### 4.3.6 CAXA 数控车中的车削速度

##### 1. 转 速

数控车是一种回转类加工,一般数控车的切削速度是通过设置一个固定的转速确定的。但是当工件以恒转速运行时,其刀具从工件外部向工件纵深切削,刀具相对于工件表面的线速度将会有很大变化。尤其是在毛坯较厚或是工件直径变化较大时非常明显。为改善线速度变化太大的情况,CAXA 数控车除提供“恒转速”选项外,还提供了“恒线速度”选项。

- 恒转速:切削过程中按指定的主轴转速保持主轴转速恒定,直到下一指令改变该转速。
- 恒线速度:切削过程中按指定的线速度值保持切削线速度恒定。

## 2. 车削速度(XZ 向速度)

CAXA 数控车系统中切削速度包括以下部分。

- 接近速度:刀具接近工件时的进给速度;
- 切削速度:刀具切削工件时的进给速度;
- 退刀速度:刀具离开工件的速度。

注意:大多数数控车床的车削速度单位为每转多少毫米(mm/r)。有一些数控车床的车削单位为每分钟多少毫米(mm/min)。这两种单位差别很大,千万不要混淆,否则后果严重。CAXA 数控车系统提供上述两种单位的选择。

### 4.3.7 CAXA 数控车中的干涉检查

当正向车削如图 4-66 造型时,如果刀具的后角较大,将发生干涉。

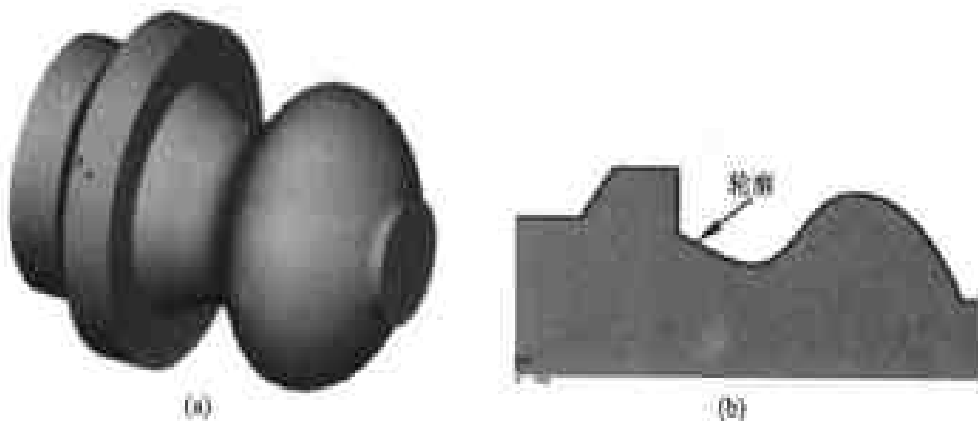


图 4-66

CAXA 数控车系统提供干涉检查功能,将“详细干涉检查”打开(置于“是”),系统将自动判断干涉,并做出相应无干涉轨迹。如上述图形,正向车削,刀具干涉后角为  $10^\circ$  的精加工轨迹如图 4-67。

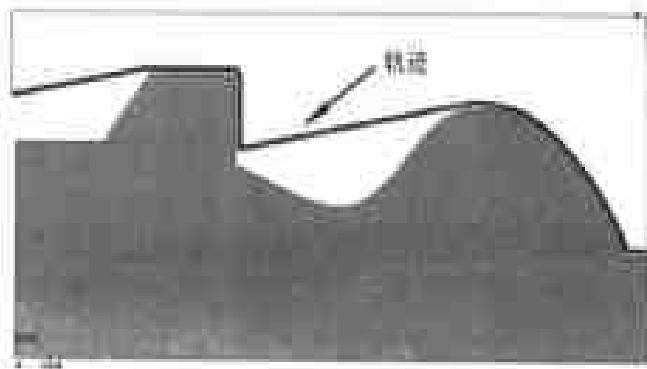


图 4-67

#### 4.3.8 CAXA 数控车的粗车功能

该功能用于实现对工件内、外轮廓表面和端面的粗车加工,用来快速清除毛坯的多余部分。

做轮廓粗车时要确定被加工轮廓和毛坯轮廓,被加工轮廓就是加工结束后的工件表面轮廓,毛坯轮廓就是加工前毛坯的表面轮廓。被加工轮廓和毛坯轮廓两端点相连,两轮廓共同构成一个封闭的加工区域,在此区域的材料将被加工去除。被加工轮廓和毛坯轮廓不能单独闭合或自相交。

1. 粗车参数表如图 4-68。

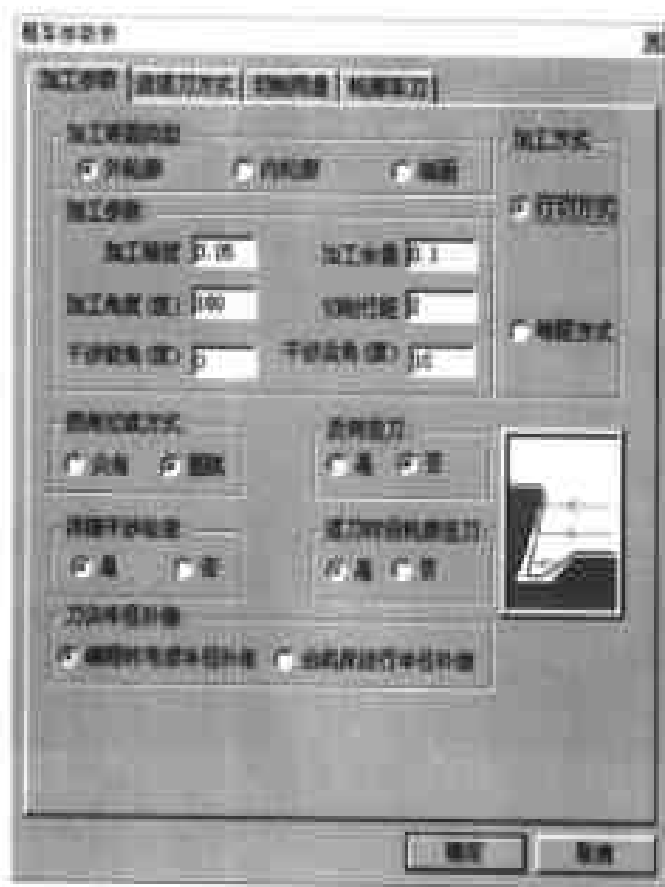


图 4-68

2. 外轮廓粗加工图释:被加工零件形状,如图 4-69;被加工零件轮廓形状,如图 4-70;轮廓及毛坯形状,如图 4-71;行切方式粗加工轨迹,如图 4-72;等距方式粗加工轨迹,如图 4-73。

3. 内轮廓粗车轮廓及毛坯图释:被加工零件形状,如图 4-74;被加工零件内轮廓,如图 4-75;轮廓及毛坯形状,如图 4-76。





图 4-69

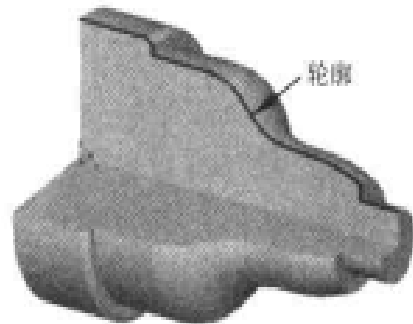


图 4-70

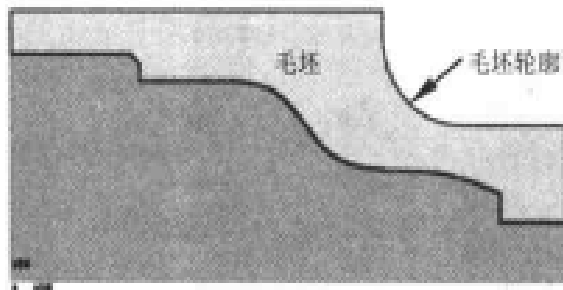


图 4-71

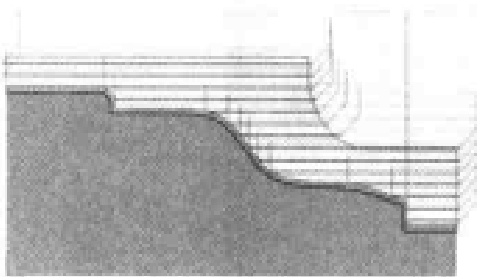


图 4-72

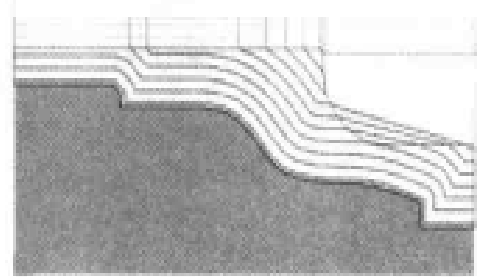


图 4-73



图 4-74

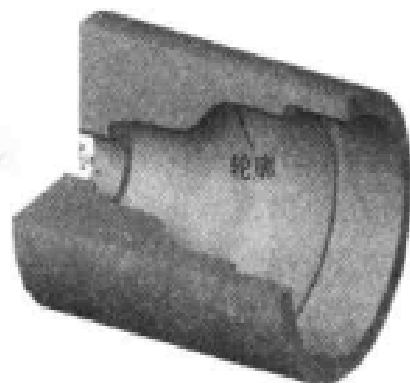


图 4-75

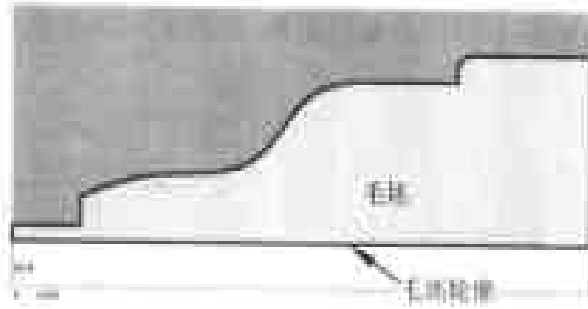


图 4-76

#### 4.3.9 CAXA 数控车的精车功能

实现对工件内、外轮廓表面和端面的精车加工。作轮廓精车时要确定被加工轮廓,被加工轮廓就是加工结束后的工件表面轮廓,被加工轮廓不能闭合或自相交。

精车加工参数表中有行数选项,允许车削多行,当使用多行车削时,需要设立行距。精车加工要注意刀具干涉后角。

#### 4.3.10 CAXA 数控车车槽功能

该功能用于在工件内、外轮廓表面和端面切槽。切槽时要确定被加工轮廓,被加工轮廓就是加工结束后的工件表面轮廓,被加工轮廓不能闭合或自相交。切槽参数表如图 4-77。



图 4-77

切槽图释:工件形状,如图 4-78;拾取槽轮廓,如图 4-79;拾取轮廓形状,如图 4-80;生成轨迹形状,如图 4-81。

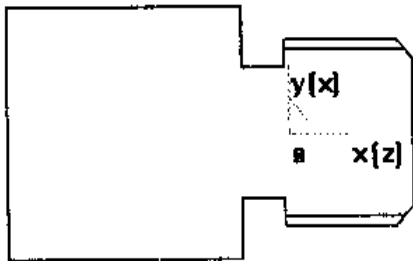


图 4-78

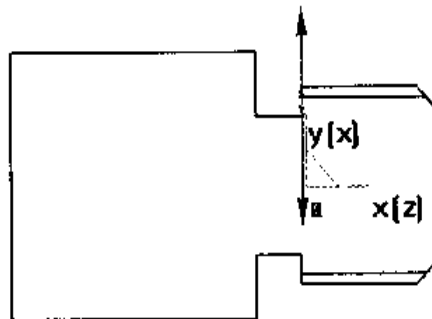


图 4-79

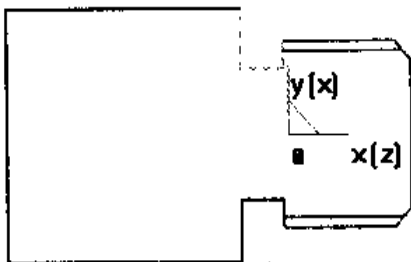


图 4-80

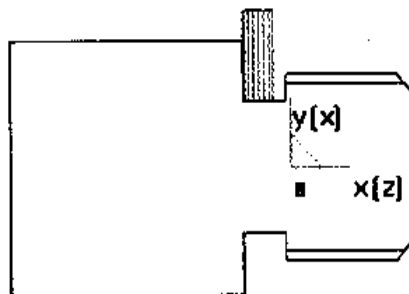


图 4-81

#### 4.3.11 CAXA 数控车中心孔加工功能

该功能用于在工件的旋转中心钻中心孔。该功能提供了多种钻孔方式,包括高速啄式深孔钻、左攻丝、精镗孔、钻孔、镗孔、反镗孔等。

因为数控车加工中的钻孔位置只能是工件的旋转中心,所以,最终所有的加工轨迹都在工件的旋转轴上,也就是系统的 X 轴,即机床的 Z 轴上。

#### 4.3.12 CAXA 数控车的螺纹车削功能

CAXA 数控车系统提供了两种螺纹车削功能。一种是采用固定循环指令的螺纹车削,另一种是非固定循环指令的螺纹车削。非固定循环方式的车削采用的是 G01 指令,因此这种方式仅仅适用于浅螺纹车削(连续切削一刀就可以完成的车削)。

#### 4.3.13 CAXA 数控车的后置

CAXA 数控车的大多数后置与 CAXA 制造工程师一致,这里不再详述,仅将一些特殊的

后置设置作一下介绍。

- 延时控制

- ▶ 延时指令<G04>:程序执行延时指令时,刀具将在当前位置停留给定的延时时间。

- ▶ 延时表示<X>;其后跟随的数值表示延时的时间。

- 恒线速度<G96>;切削过程中按指定的线速度值保持线速度恒定。

- 恒角速度<G97>;切削过程中按指定的主轴转速保持主轴转速恒定,直到下一指令改变该指令为止。

- 最高转速<G50>;限制机床主轴的最高转速,常与恒线速度<G96>同用匹配。

- 刀具号和补偿号输出位:部分数控车床的刀具号和补偿号使用两位。如“03”、“07”,而不是“3”、“7”。所以在 CAXA 数控车的后置中增加了刀具号和补偿号位数的设置。

#### 4.3.14 CAXA 数控车的加工仿真

对已有的加工轨迹进行加工过程模拟,以检查加工轨迹的正确性。对系统生成的加工轨迹,仿真时用生成轨迹时的加工参数,即轨迹中记录的参数;对从外部反读进来的刀位轨迹,仿真时用系统当前的加工参数。

轨迹仿真分为动态仿真和静态仿真即实体仿真,仿真时可指定仿真的步长,用来控制仿真的速度。当步长设为 0 时,步长值在仿真中无效。当步长大于 0 时,仿真中每一个切削位置之间的间隔距离即为所设的步长。

# 第 5 章 机床通信

## 5.1 机床通信基础

### 5.1.1 系统简述

#### 1. 什么是 DNC, CNC

DNC 是指分布式数控系统(Distributed Numerical Control),其含义是用一台大型计算机同时控制几台数控机床。后来数控系统由 NC(Numbical Control)发展到 CNC(Computer Numerical Control 计算机数控系统),每一台数控机床由一台计算机(CNC)来控制,所以过去的 DNC 概念已失去意义。

现在的 CNC 系统功能已非常完善,一般都支持 RS - 232C 通讯功能,即通过 RS - 232C 口接收或发送加工程序。有很多 CNC 系统可实现一边接收程序一边进行进行 NC 加工,这就是所谓的 DNC(Direct Numerical Control)。但不是所有的 CNC 系统都支持这一功能,有一些系统只是先将接收的加工程序存储在系统内存里,而不能同时切削加工,这种传输形式叫块传输。

#### 2. RS - 232C 串行通信简介

串行通信是指通信的发送方和接收方之间数据信息的传输是在单根数据线上,以每次一个二进制的 01 为最小单位进行传输。串行通信的传输速度要比并行通信慢的多,但串行通信可显著降低通信线路的价格和简化设备,并可利用现有的电话电缆线路,在任何两点通电话的设备之间,配置适当的通信接口,实行串行通信。

### 5.1.2 异步通信控制规程

为实现串行通信并保证数据的正确传输,要求通信双方遵循某中约定的规程。目前在 PC 机及数控系统中最简单最常用的规程是异步通信控制规程,或异步通信协议,其特点是通信双方以一帧作为数据传输单位。每一帧从起始位开始、后跟数据位(位长度可选)、奇偶位(奇偶校验),最后以停止位结束。一帧的数据格式如下:

数据位									停止位
逻辑‘1’ (传号)	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
逻辑‘0’ (空号)									奇偶位 1 帧

一帧的传输大致有以下几个步骤：

### 1. 无传输

通信线路上处于逻辑‘1’状态，或称传号，表明线路无数据传输。

### 2. 起始传输

发送方在任何时刻将通信线路上的逻辑‘1’状态拉至逻辑‘0’状态，发出一个空号，表明发送方要开始传输数据。接收方在接收到空号后，开始与发送方同步，并希望收到随后的数据。

### 3. 数据传输

起始位跟着要发送或接收的一串位序列，即表示一个字符代码(5、6、7 或 8 位不等，由双方协议确定并保持不变)。数据位传输规定最低位在前，最高位在后。数据的确定是根据实际需求以获得最佳传输速度。

### 4. 奇偶传输

数据位之后是可选择的奇偶位发送或接收。奇偶位的逻辑状态与奇偶校验类型是一致的。

### 5. 停止传输

奇偶位之后是发送或接收的停止位，其逻辑状态恒为‘1’，位时间可在 1、1.5 或 2 位选择，且必须保证在每帧传输其间均为相同。

发送方在发送完一帧后，可连续发送下一帧，也可随机发送下一帧。在这两种情况下，当接收方收到传号后，双方取得同步。通信双方除遵循相同的数据传输帧格式外，为确保传输数据的正确性，双方还要具有相同的数据传输率：每秒传输的二进制位数。在不使用调制解调器的通信线路上，其导数就是所谓的波特率(BaudRate)。常用的波特率为 300、600、1200、2400、4800、和 9600 等。

## 5.1.3 RS-232C 接口

### 1. RS-232C 接口概述

在远距离的串行口通信中，为了利用现有电话线，必须将上述的每一帧的数字信号载波到电话线上，为此在实际的超长距离通讯中要有调制解调器设备，如图 5-1 所示。

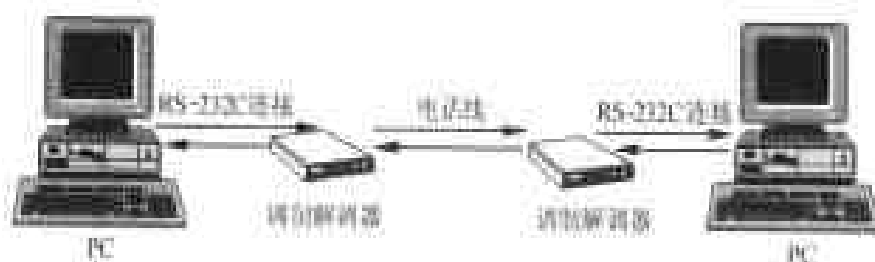


图 5-1

为了使 PC 机与调制解调器之间的连接信号有一统一标准,由美国电子工业协会推荐的并经国际电报电话咨询委员会(CCITT)审定的 RS-232C 接口是应用于异步通信线路的一种通用标准接口,也称 EIA 标准。

RS-232C 接口的正式名称是数据终端设备与数据通信设备之间串行二进制数据交换的接口。这里首先明确两个术语:

- 数据终端设备(Data Terminal Equipment),简称 DTE;
- 数据通信设备(Data Communication Equipment),简称 DCE。

通常,将通信线路的终端一侧计算机称为 DTE,而把调制解调器称为 DCE。RS-232C 接口是一个 25 条引线的 D 型连接器。它定义了 20 条可同外界通信设备连续的信号线,另有 1 条为保护地,4 条没有定义,并对传输信号电平作了明确规定。

## 2. RS-232C 引脚定义

在表 5-1 中信号线的方向是从 DTE 的角度出发而给出的。

表 5-1

引 腿	信号名称	简 称	方 向	说 明
1	保护地			接设备外壳,安全地线
2	发送数据	TXD	DCE	DTE 发送串行数据
3	接收数据	RXD	DTE←	DTE 接收串行数据
4	请求发送	RTS	DCE	DTE 请求切换到发送方式
5	清除发送	CTS	DTE←	DCE 已切换到准备接收
6	数传设备就绪	DSR	DTE←	DCE 准备就绪,可以接收
7	信号地			
8	载波检测	DCD	DTE←	DCE 已接收到远程信号
20	数据终端就绪	DTR	DCE	DTE 准备就绪
22	振铃指示	RI	DTE←	通知 DTE 通信线路已接通
23	数据信号速率选择	DSRD	双向	选择较高的速率,双向通知

## 3. RS-232C 实际插头引脚定义

在 PC 系列机中,实际的 RS-232C 接口有 25 针和 9 针两种,现将它们的引脚定义介绍

如下。表 5-2 为标准 RS-232C25 针 D 型接头。表 5-3 为标准 RS-232C9 针 D 型接头。

表 5-2

引 腿	信号名称	简 称	方 向
1	保护地	CGD	
2	发送数据	TXD	输出
3	接收数据	RXD	输入
4	请求发送	RTS	输出
5	清除发送	CTS	输入
6	数传设备就绪	DSR	输入
7	信号地	SGD	
8	载波检测	DCD	输入
20	数据终端就绪	DTR	输出
22	振铃指示	RI	输入

表 5-3

引 腿	信号名称	简 称	方 向
1	载波检测	DCD	输入
2	接收数据	TXD	输出
3	发送数据	TXD	输出
4	数据终端就绪	DTR	输出
5	信号地	SGD	
6	数传设备就绪	DSR	输入
7	请求发送	RTS	输出
8	清除发送	CTS	输入
9	振铃指示	RI	输入

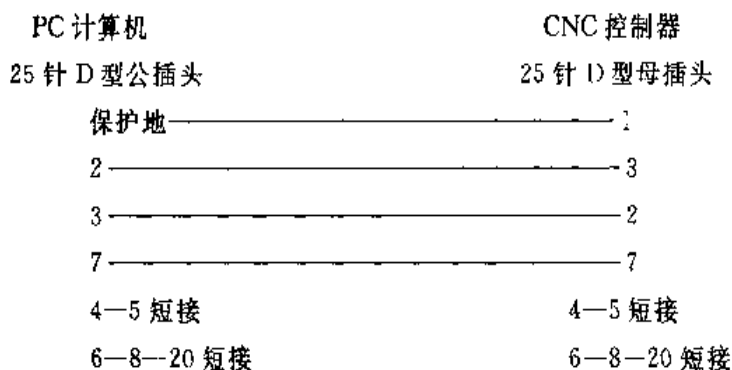
#### 5.1.4 RS-232C 通信电缆连接

在实际运用中,针对 RS-232C 标准,大家都遵守,但又都不严格遵守,所以在实际应用中接线方式有所不同。一般在 PC 机与 CNC 控制器之间习惯上采用两种接法。

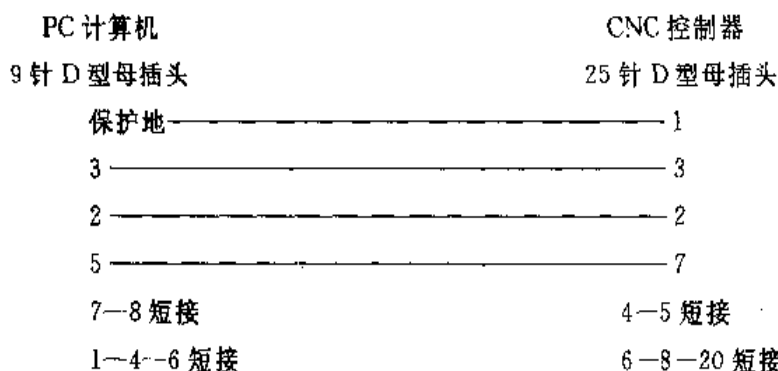
##### 1. 软件握手连接

- 计算机端为 25 针 D 型插头机床为 25 针 D 型插头接线方法。





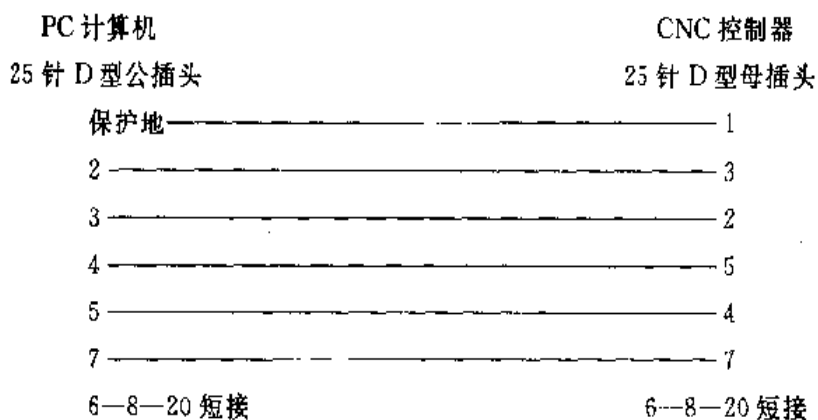
- 计算机端为 9 针 D 型插头机床为 25 针 D 型插头接线方法。



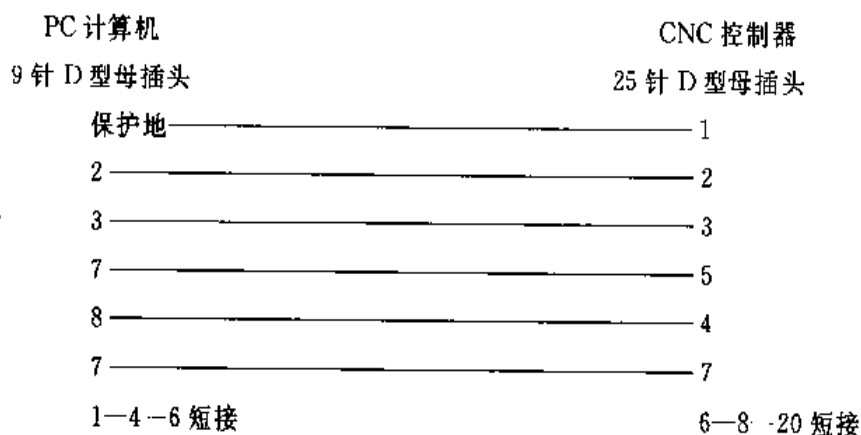
这种连接方法使通信双方完全不理睬 RS-232C 标准所定义的硬件握手信号,它们双方采用所谓的软件握手信号来指示通信,软件握手即双方通过相互传递 XON/XOFF 字符来进行握手。XOFF 为阻止字符,与发送方接收到对方传来 XOFF 字符后,发送方将停止发送,直到接收到对方传来 XON 字符后,再继续发送。

## 2. 硬件握手连接

- 如计算机方为 25 针 D 型插头接线方法。



- 如计算机方为 9 针 D 型插头接线方法。



这种连接方法兼容软握手连接方法,本方法一般通过 RTS/CTS(25 针的 4、5 引脚)进行硬件握手。硬件握手连接与软件握手连接相比谈不上有太大的优越性,大部分 CNC 系统对两种接线方法都能正常工作。

在进行 PC 机与 CNC 控制器连线时,连接电缆一般要求是带屏蔽的 8 芯铜芯电缆,在这种没有调制解调器的情况下,PC 机与 CNC 控制器之间的通信距离一般能达到 50 英尺(30 米)。如果加装 RS232C 增强器,通信距离有可能达到十几公里。

### 5.1.5 主要通信软件

在通信中,常使用 CAXA-HZ-DNC、V24、PCIN 等通信软件。CAXA 还提供了 Windows 下的 CAXA-DNC 和支持多串口通信的多路 DNC 软件。现用 CAXA-HZ-DNC 来举例通信软件使用举例。

#### 1. 系统用户界面介绍

启动 CAXA-HZ-DNC 后,屏幕显示如图 5-2。

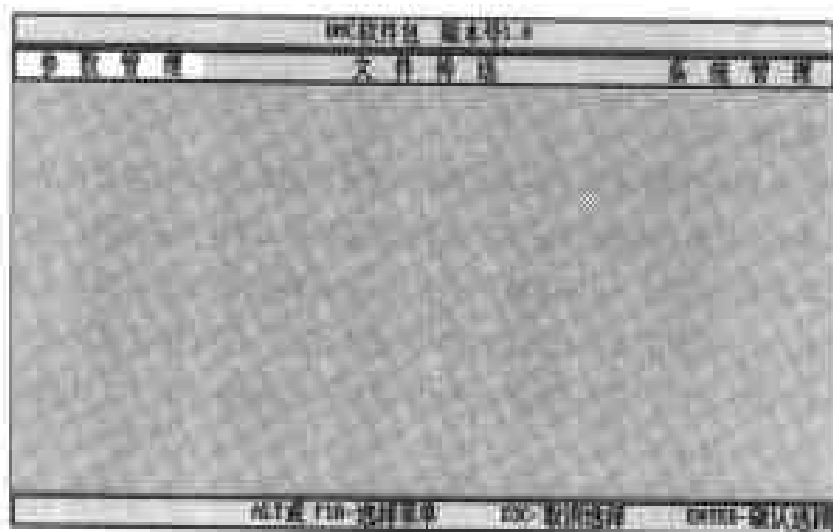


图 5-2

按 ALT 或 F10 选择菜单,用 Enter 确认,按 Esc 取消操作。

## 2. 参数管理

进入 CAXA-HZ-CDNC 的参数管理后界面如图 5-3。

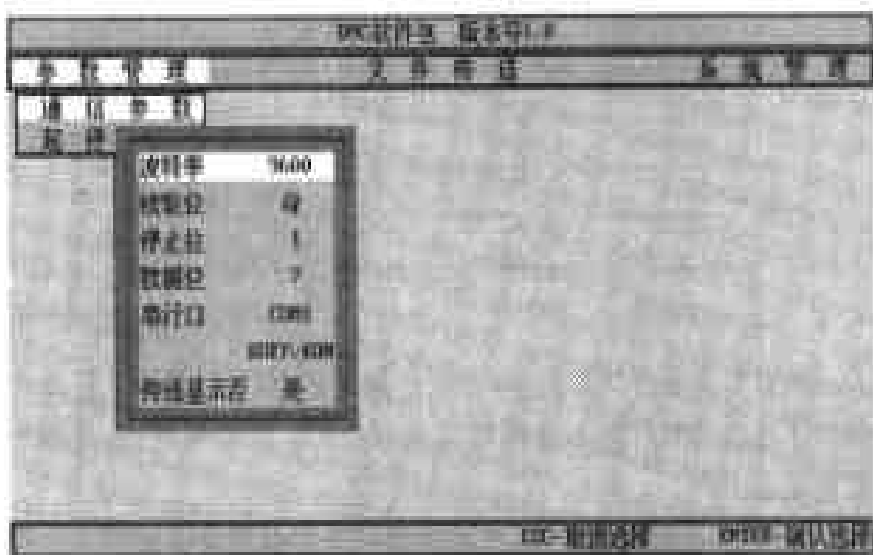


图 5-3

其中 RS-232C 的通讯参数主要有以下几种:

- **波特率:**波特率的概念参考前面章节所述。波特率的选择一般与传输距离有关,一般传输距离越远,波特率应选择的越低。在选择波特率时一般还要根据 NC 机床数控系统的要求来选择。在 DNC 传输时,CNC 控制器通过握手信号来通知计算机何时发送及何时停止,一般在 4800 和 9600 波特率下均能满足 CNC 系统对 DNC 传输的要求。我们的经验显示,CNC 系统的 DNC 加工效率一般取决于 CNC 系统内部本身的接收文件和处理的效率,而不是取决于 RS-232C 传输的波特率。

- **数据位:**7 或 8。
- **停止位:**1 或 2。
- **校验位:**奇、偶、无。

- **握手协议:**所谓握手顾名思义就是通信的双方在通信过程中的联络方式。这种联络是发送方何时可以发送,要通过接收方给其传递约定的信号,而作为接收方,这个过程就叫做握手。在 RS-232C 串行通信时,可有两种握手方式,即硬件握手和软件握手。硬件握手是指通信双方通过电缆连线中某些信号线电平的高低来进行握手,在数控机床行业,RS-232C 通信的硬件握手信号约定为 RTS/CTS,即 RS-232C,25 针 D 型插头的 4、5 引脚作为硬件握手信号线。软件握手与硬件握手的不同在于软件握手是通过通信双方传输约定的字符进行联络,而不是通过信号线握手。我们知道,在 RS-232C 通信标准中,2、3 引脚分别是发送数据线和接收数据线,由于发送数据线和接收数据线占有不同的传输线,这使得通信双方可一边发送数

据同时一边可接收对方传来的传输的数据,即通信可是全双工方式。在全双工方式下软件握手在通信领域里应用是非常广泛的。软件握手一般通过双方相互传递 XON/XOFF 字符来进行,XON 代表字符 ASCII 字符集中的控制字符 DC1(ASCII 值为 17),XOFF 代表 ASCII 字符集中的控制字符 DC3(ASCII 值为 19)。XOFF 为阻止字符,当发送方接收到对方传来 XOFF 字符后,发送方将停止发送,直到接收到对方传来 XOFF 字符后,发送方将停止发送,直到接收到对方传来 XON 字符后,再继续发送。用户在选择握手信号参数时,一般要与数控系统相一致。

其他选项:

- 串行口:一般计算机有两个串行口,为 COM1、COM2。
- 传送显示否:当传送时,是否在屏幕上显示要传送的代码。
- 起停参数:仅适宜和于于软握手协议(XON/XOFF)。当某些特殊机床的 XON/XOFF 对应的 ASCII 与常用的不一致时,可以在 CAXA—HZ—CDNC 软件中更改,如图 5-4 所示。

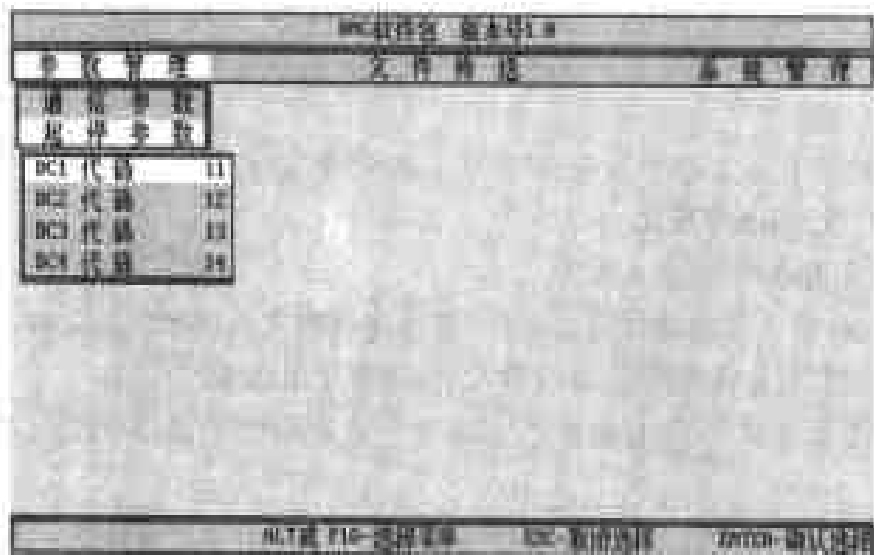


图 5-4

### 3. 传送文件与接收文件

选择“文件传输”菜单后软件弹出两个选项:“文件发送”和“文件接收”。

- 文件发送:选文件发送后,在软件弹出的文件名称输入框中输入需要发送的文件名即可。
- 文件接收:选文件接收后,在软件弹出的文件名称输入框中输入需要接收的文件名即可。

## 5.1.6 通信运用

### 1. 通信前准备工作

- 了解机床是否提供 RS-232C 串行口通信方式;
- 察看机床串口参数设置;
- 确认机床是否支持握手协议;

- 学习机床通信的操作使用；
- 确认机床通信是否有专用软件；
- 了解机床通信接线方法，是否使用了合适的连接线。

## 2. 通信参数调整

● 机床参数调整，要参照手册进行。一般机床参数设置有专门的菜单。根据每一项有相应代号。

- PC 端通信软件的通信参数调整，即必须将软件的通信参数调整与机床的通信参数一致。

## 3. 进行 PC 端代码接收测试

- 先把通信软件进入文件传送，等待接收文件。
- 机床输出文件。
- 据检测盒（一通信用的检测工具，它可根据传输线上信号情况，用发光二极管显示不同颜色状态）观察信号是否输出到端口上，如果机床端口有信号，检查计算机是否收到。

● 如果发现机床端口无信号，检查机床操作是否正确。如果发现计算机端口无信号请检查串口线是否正确。

- 如发现接收代码为乱码，检查 PC 及机床通信参数，通信握手协议等是否一致。

## 4. 进行 PC 端代码输出测试

- 先把机床调整到文件读入方式。
- 在 PC 端，进入通信软件输出文件（最好使用刚才机床输出的文件，如果机床是 FANUC 系统，还需要在机床传输的文件程序头及程序尾处加上“%”）。

● 据检测盒观察信号是否传输到 PC 端口上。如果发现 PC 端口有信号，再检查机床是否收到信号。

● 如果发现计算机端口无信号输出，需要检查计算机操作系统中的串口设置是否正常。如果发现机床端口无信号，检查通信连接线是否正确。

● 如果 PC 及机床端口都可以检测到 PC 输出信号，请检查 PC 及机床双方的通信参数是否一致、协议是否正确。

如果机床发送回 PC 的代码能够正常接收，但是 PC 方面的代码不能传送到机床。首先需要比较 PC 与机床输出文件有何不同，并改正，再进行通信。因有些机床对于传进文件要有文件头与文件尾，用特殊字符表示。

## 5. 机床在线加工

- 选用 XON/XOFF 协议通信，键入正确 DC1—DC4 字符，进行测试。

## 5.2 各类机床控制系统通信

由于版权问题,本章所涉及所有其他公司的通信软件,这里概不提供,在本章中仅作一般简单介绍。

### 5.2.1 FANUC7 系统通信(并口通信)

#### 1. FANUC7 系统概述

FANUC7 系统属于早期的系统,没有串行接口,只提供有纸带机输入装置。为解决此种机床与计算机的通信,CAXA 特针对 FANUC7 系统制作了硬件转接器,利用 FANUC7 的纸带机接口,和计算机并口连接实现通信。使用该方法可实现在线加工。

#### 2. CAXA 并口通信软件介绍

启动 CAXA 并口通信软件后,界面如图 5-5。

选择系统菜单“发送参数”中的“参数设置”选项,系统弹出“参数设置对话框”,如图 5-5 中“参数设置”对话框。



图 5-5

该对话框中设置选项如下。

- 发送方式:可选 CNC 方式和 NC 方式,CNC 方式为在线加工方式。
- 并口设置:可选择并口 1 或并口 2。

- 起始字符串:使用 FANUC 需要的“%”。

- 结束字符串:使用 FANUC 需要的“%”。

- 发送周期:为发送的字符和字符之间的延时时间。因为 FANUC7 系统的处理速度较慢,计算机并口速度非常快,所以设置此延时等待机床处理。发送周期设置越短,传送速度越快,但是有可能机床反应不过来。

- 取消发送显示:发送是是否需要显示代码的选项,在线加工时,当发生发送速度跟不上机床加工,可取消发送显示加快发送速度。

### 3. 通信过程

- 准备阶段先了解纸带机操作及机床通信操作。

- 检查纸带机读入纸带数据是否正确,验证纸带读入口是否完好。

- 打开机床控制柜,安装通信 CAXA 转换器(将机床纸带机数据线从机床控制板上拔下,将 CAXA 转换器宽带数据线插头插入控制主板上原纸带机插槽)。注意如果数据线插反了机床将无法启动。

- 将 CAXA 转换器并口线和计算机并口连接上,注意计算机并口外壳、CAXA 转换器和机床需要接地线以保护机床、CAXA 转换器及计算机并口,否则有可能烧毁计算机并口、CAXA 转换器或机床的并口。

- 启动机床系统控制部分,启动 CAXA 转换器,然后再启动计算机。

- 启动 CAXA 并口通信软件,进入计算机端 CAXA 并口通信软件,先把发送周期调整到 5 ms 左右。

- 操作机床,进入纸带机读入状态(输入程序号,按 READ 按钮,读入数据)。

- 操作计算机 CAXA 并口通信软件,选择“发送”。此时机床应当接收到数据,如果是在线方式机床将按传送来的程序自动进行加工。

### 4. 注意

- 接地保护。

- 在线加工调试主要是调试发送周期。

## 5.2.2 FANUC 系统(串口通信)

### 1. FANUC 概述

FANUC 系统由日本富士通 FANUC 公司生产,是世界上最大的数控机床系统,也是目前国内使用量最多的数控系统之一。国内常见的 FANUC 系统型号为:FANUC7、FANUC6、FANUC10、FANUC11、FANUC12、FANUC15、FANUC16、FANUC0M、FANUC18。目前最新的系统是 FANUC18(2001 年)。FANUC0M 系列属于应用最广的系统,FANUC0M-C 则是专为中国生产的。早期的 FANUC0M-C 不具有 DNC 功能。98 年 6 月以后的开始具有 DNC 功能。FANUC0M-E 系统为面向东亚地区的,一般不带 DNC 功能。

FANUC 系统在通信中虽然使用软握手协议(XON/XOFF),但是机床系统在接受 PC 传输的数据时会先向 PC 发送一个请求发送信号:“DC1”,ASCII 值“11”。该系统与 PC 机通信使用比较标准的 RS-232C 软握手连线。连线方式如下:

PC 机	CNC 控制器
9 针 D 型母插头	25 针 D 型母插头
保护地	1
2	2
3	3
5	7
7—8 短接	4—5 短接
1—4—6 短接	6—8—20 短接

## 2. 通信软件

早期 PC 上的 RS-232C 通信软件都是用汇编语言编制的。比较典型的例如 80 年代主要用于美国 HADING 机床上的一个小软件,它是专为 FANUC 系统通信提供的。软件共有两个小执行文件,一个为“Puncher.com”用于发送数据,另一个为“Reader.com”,用于接受数据。操作方式采用命令行方式,下面大致介绍一下它的操作。例如:

运行 Puncher.com

系统提示:“Name of tape file to send:”

输入文件名后回车。

系统提示:“Destination file name or device (return = COM1):”

输入通信串口号 (com1 或 com2)后回车。

系统提示:“Enter Baud Rate :”

输入传输波特率“4800、或 9600 等”回车。

系统提示:“Ascii or Eia? (A/E) :”

输入“A 或 E”(Ascii 为标准码(ISO 模式),FANUC OM C 系统 Eia 码)

系统提示:“Do you want to load directly to the NC/CNC machine? ( Y/N ) :”

输入“Y”或“N”。(Y 代表使用 CNC 加工)

国内用于机床通信的软件如 1996 年北京机床研究所提供的一个 FANUC6ME 专用的通信程序。该程序的波特率、奇偶校验等参数均为固定值,用户无法修改,而且只具有发送功能,不具接收功能。

## 3. FANUCOM-E 系统

FANUCOM-E 系统为比较普及的经济型系统,它的默认通信参数如下:

- 波特率:4800
- 奇偶校验:偶(Even)



- 数据位长:7
- 截止位:1

型号为: FANUCOM-E-B-3 的机床波特率参数代码为“0552”,该参数下可设置 12 个值。

1=50, 7=600,  
2=100, 8=1200,  
3=110, 9=2400,  
4=150, 10=4800,  
5=200, 11=9600,  
6=300, 12=19200,

此类系统大多数默认值为“10”,即波特率为 4 800。

#### 4. 使用 CAXA—HZ—CDNC 软件连接 FANUC 系统要点

使用 CAXA—HZ—CDNC 软件可以和除 FANUC7 以外的各类型号 FANUC 系统连通。

但必需按如下方式进行。

- 将 FANUC 系统设置为 ISO 模式。
- 通讯协议全部设置为 XON/XOFF(软协议)。
- 通信线使用标准软协议线(软硬兼容连接方式也可以)。
- 通信参数统一。(FANUCOM-C/D/E 默认参数为:4800、7、1、Even)。
- 先用 CAXA—HZ—CDNC 接收机床数据。
- 接收数据全部正常后(无丢失、无乱码、无特殊回车符)再反向发送。

常见问题及其原因如下。

- 问题:用 CAXA—HZ—CDNC 可以接收,但发送有问题。接收时,丢失数据。

原因:奇偶校验错误(机床系统为“Even”而软件设为“无”)或系统校验参数为 0018 的第 6 位(第 6 位为 0 时不校验)。

- 问题:用 CAXA—HZ—CDNC 接收数据为乱码。

原因:波特率设置不匹配或截止位错误

- 问题:用 CAXA—HZ—CDNC 接收数据为排列规则的乱码(部分代码可识别)。

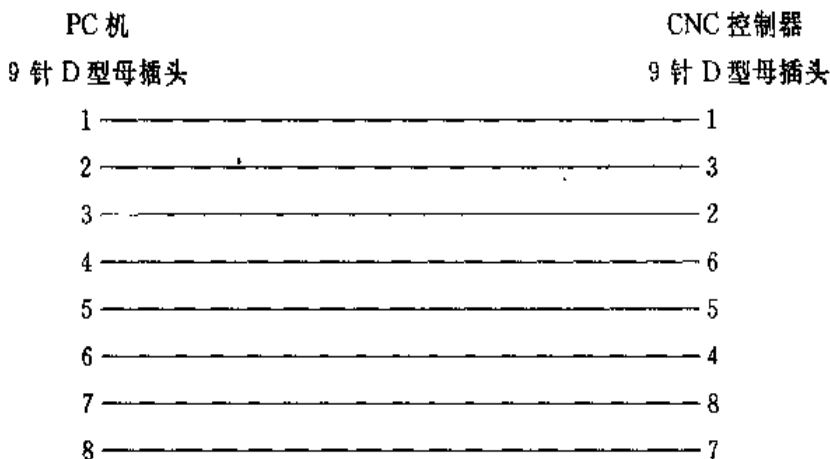
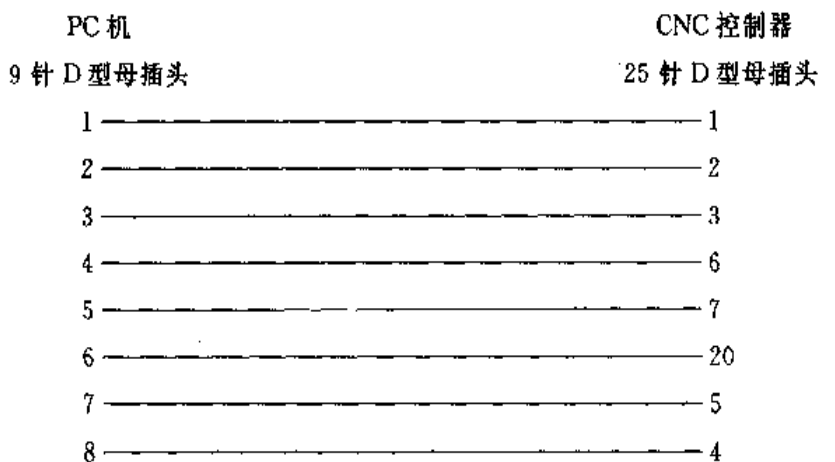
原因:数据位长错误

- 问题:用 CAXA—HZ—CDNC 接收不到数据。

原因:数据线、接口、机床状态问题。

解决方法:应先检查通信线(有无断线、错焊);检查计算机 RS-232C 口连接是否与软件设置的一致;检查机床通信通道是否打开(FANUC 的 I/O 通道有两个‘0’、‘1’。当 MP 参数 0038 的 7、6 两位为 10 时,FANUC 使用 RS-232C。当 I/O 设置为 0 时,通信截止位由参数 002 决定,当 I/O 设置为 1 时,截止位由参数 0012 决定)。

## 5. HZCAXA—CDNC 通信软件推荐通用接线方法



已使用该接线方法和 FANUC7、FANUC - OM、FANUC - OMB、FANUC - OMD、FANUC18M、SIEMENS801/802、Mitsubishi64、DECKEL12E、Heidenhain350B、FIDIA10 等系统作过实际通讯。

## 5.2.3 使用 FANUC 系统的各机床通信设置情况

## 1. 青海第一机床厂 FANUC—0MD/ I 系统

该机床具有在线加工能力(DNC)。

## ● 默认参数

波特率:9600;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

- 注意事项

机床编程方式必须设置为 ISO 模式。

## 2. 台湾乔福 FANUC—18M 系统

该机床具有在线加工能力(DNC)。

- 默认参数

波特率:9600;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

- 注意事项

机床编程方式必须设置 ISO 模式;特别要注意该机床使用的程序头不是“%”而是“;”。

## 3. 台中精机 FANUC—0M 系统

该机床具有在线加工能力(DNC)。

- 默认参数

波特率:4800;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

- 注意事项

DNC 开关为 5592.7(当 5592.7 关闭时,DNC 功能被锁住);机床编程方式必须设置 ISO 模式。

## 4. 北京机床研究所 FANUC—18M 系统

该机床具有在线加工能力(DNC)。

- 默认参数

波特率:9600;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

- 注意事项

机床编程方式必须设置 ISO 模式。

### 5. 长征机床厂 FANUC—0ME—B—3 系统

#### ● 默认参数

波特率:4800;

数据位长:7;

截止位:1;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

#### ● 注意事项

机床编程方式必须设置为 ISO 模式。

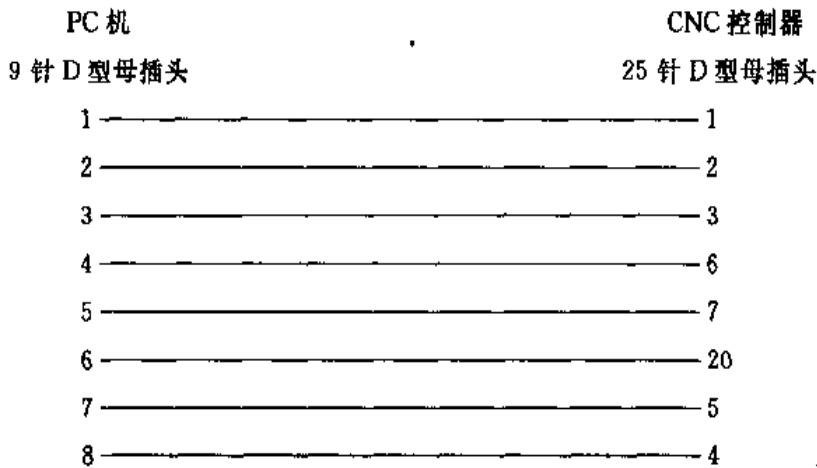
## 5.2.4 Heidenhain 系统

### 1. Heidenhain 系统概述

Heidenhain 为德国生产的机床控制系统。目前常见到的有 220、350、850 等系列,下面介绍 Heidenhain350B 系统。

### 2. Heidenhain350B 系统

#### ● 通信接线方式



#### ● 默认参数

波特率:2400;

数据位长:7;

截止位:1;

奇偶校验:偶;

协议:XON/XOFF。

#### ● 注意事项

机床编程方式必须设置为 ISO 模式。波特率参数在机床上可调整,但是加大后如果发生

数据丢失现象,则必须将波特率降低。通讯时机床设置中输出模式应当选择“EXT”方式,才能使用外部 RS-232C 端口。Heidenhain350B 系统要求 G 代码的程序头尾都比较特殊,格式为:“%程序号公制/英制代码”。公制代码为“G71”,英制代码为“G70”。程序尾要求与程序头一致。圆弧指令中可以使用 R 代码,如果使用 IJK 代码,IJK 含义为圆心相对起点,但该 IJK 代码应当在圆弧终点 XYZ 前给出。如:

```
G02H10.000J10.000X30.000Y30.000
```

#### ● 程序格式实例

```
%11G71
N10 G30G17X-200Y-200Z-20
N20 G31G90X+200Y+200Z+0
N30 G99T1L+0R+13,7
N40 T1G17S411
N50 G01G40G90Z+50F9998M05
N60 G01G40G90X+0Y+0F9998
N70 G01G90Z-18M03
N80 G01G41G90Y+65F200M03
N90 G90I+0J+0
N100 G03G90X+0Y+65
N110 G01G40G90Y+0F9998
N120 G01G40G90Z+50F9998M05
N9999
%11G71
```

### 3. Heidenhain350B 系统 MP 代码说明

MP 代码是机床内部主板系统参数,如果 MP 代码表丢失,机床将无法启动。Heidenhain350B 系统的 ME 代码也是通过 RS-232C 串口传入机床,所以在应用程序传输时一定要注意输入方式的选项,否则会发生应用程序将 MP 代码冲掉的现象。如果发生 MP 代码丢失,需要重新传入。

表 5-4 为 MP 代码表。

表 5-4

MP0,6000	MP54,0,500	MP108,0	MP162,0	MP216,50,000P
MP1,6000	MP55,0,150	MP109,0	MP163,80	MP217,1P
MP2,4000	MP56,2,000	MP110,60	MP164,80	MP218,0
MP3,1440	MP57,15,000	MP111,20	MP165,80	MP219,0
MP4,4000	MP58,0,500	MP112,20	MP166,80	MP220,0
MP5,4000	MP59,14	MP113,10	MP167,0	MP221,0
MP6,4000	MP60,0P	MP114,40	MP168,0,250	MP222,168P
MP7,1440	MP61,0	MP115,70	MP169,0,600	MP223,0P
MP8,1000	MP62,3	MP116,20	MP170,0P	MP224,0
MP9,1000	MP63,51851	MP117,0	MP171,2	MP225,0
MP10,500	MP64,0,100	MP118,0	MP172,1	MP226,795
MP11,200	MP65,0P	MP119,20	MP173,1	MP227,16648
MP12,1	MP66,0	MP120,2	MP174,15,000	MP228,0
MP13,1	MP67,0,500	MP121,10	MP175,9,000	MP229,0
MP14,1	MP68,0	MP122,12	MP176,0,800	MP230,1290
MP15,1	MP69,1	MP123,12	MP177,1,200	MP231,6990
MP16,1	MP70,0,040	MP124,12	MP178,1,200	MP232,2
MP17,0	MP71,515	MP125,10	MP179,1,200	MP233,0
MP18,0	MP72,0P	MP126,+5,448	MP180,1,200	MP234,7,000
MP19,1	MP73,0,020	MP127,+0,000	MP181,33,000	MP235,15,000P
MP20,7	MP74,10	MP128,+0,000	MP182,99	MP236,0
MP21,6	MP75,0	MP129,+0,000	MP183,100	MP237,0
MP22,7	MP76,0	MP130,+0,000	MP184,0,400	MP238,1,000
MP23,6	MP77,1	MP131,+0,000	MP185,0,000	MP239,0
MP24,1	MP78,410,000	MP132,+0,000	MP186,+463,896P	MP240,0,000
MP25,1	MP79,2365,000	MP133,+0,000	MP187,-514,483P	MP241,0
MP26,0	MP80,0,000	MP134,+7,000	MP188,+0,000P	MP242,0
MP27,0	MP81,0,000	MP135,+0,000	MP189,+0,000	MP243,0
MP28,0	MP82,0,000	MP136,+0,000	MP190,1	MP244,0
MP29,0	MP83,0,000	MP137,+0,000	MP191,1	MP245,0
MP30,0	MP84,0,000	MP138,+0,000	MP192,0,001	MP246,1
MP31,0	MP85,0,000	MP139,+0,000	MP193,30	MP247,0
MP32,1,000	MP86,9,000	MP140,+0,000	MP194,25	MP248,0,000
MP33,1,000	MP87,9,000	MP141,+0,000	MP195,50	MP249,0
MP34,1,000	MP88,100	MP142,+0,000	MP196,75	MP250,96
MP35,1,000	MP89,50	MP143,+0,000	MP197,100	MP251,150
MP36,-0,001	MP90,2	MP144,+0,000	MP198,125	MP252,1500
MP37,+0,001	MP91,1,000P	MP145,+0,000	MP199,150	MP253,0
MP38,+0,001	MP92,6	MP146,+0,000	MP200,175	MP254,0
MP39,+0,000	MP93,1,200P	MP147,+0,000	MP201,45	MP255,0
MP40,+0,000	MP94,0	MP148,+0,000	MP202,0	MP256,0
MP41,+0,000	MP95,0	MP149,+0,000	MP203,0	MP257,0
MP42,+0,000	MP96,0	MP150,+0,000	MP204,0	MP258,0,000
MP43,+0,000	MP97,0	MP151,+0,000	MP205,0	MP259,0
MP44,+974,100	MP98,0	MP152,+0,000	MP206,0	MP260,0,000
MP45,-28,100	MP99,0	MP153,+0,000	MP207,0	MP261,+0,000
MP46,+29,100	MP100,0	MP154,+0,000	MP208,0	MP262,0
MP47,-673,100	MP101,0	MP155,+0,000	MP209,0	MP263,50
MP48,+16,100	MP102,0	MP156,+0,000	MP210,0	MP264,0
MP49,-736,100	MP103,0	MP157,0	MP211,0	MP265,0
MP50,+30000,000	MP104,0	MP158,0	MP212,1	MP266,0
MP51,-30000,000	MP105,0	MP159,0	MP213,0P	MP267,0
MP52,9,000	MP106,0	MP160,0	MP214,2	MP268,0
MP53,0,900	MP107,0	MP161,0	MP215,1000P	MP269,0

续表 5-4

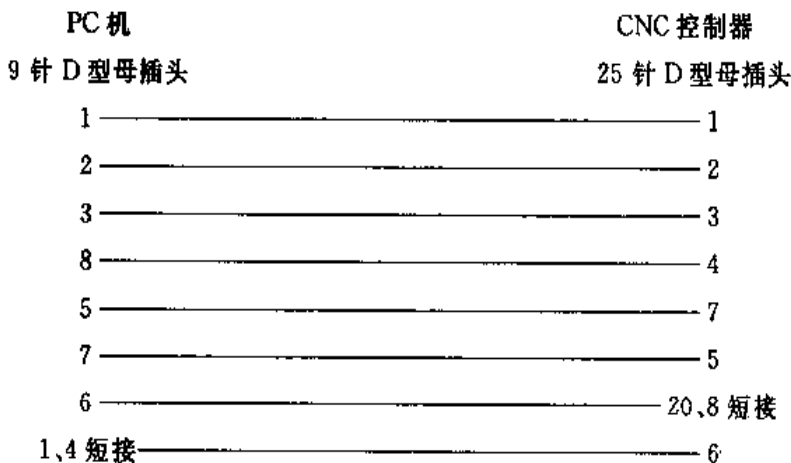
MP270;0	MP293;0	MP316;0,000	MP339;0	MP362;0,000
MP271;0	MP294;0	MP317;0,000	MP340;0	MP363;+0,000
MP272;0	MP295;0	MP318;0,000	MP341;0	MP364;+0,000
MP273;0	MP296;0	MP319;0	MP342;0	MP365;+0,000
MP274;0	MP297;0,500	MP320;0	MP343;0	MP366;+0,000
MP275;0	MP298;0,500	MP321;0	MP344;0	MP367;+0,000
MP276;0	MP299;0,500	MP322;0	MP345;0	MP368;+0,000
MP277;0	MP300;9,000	MP323;0	MP346;0	MP369;+0,000
MP278;0	MP301;9,000	MP324;0	MP347;0	MP370;+0,000
MP279;0	MP302;9,000	MP325;0	MP348;0	MP371;+0,000
MP280;0	MP303;-0,010	MP326;0	MP349;0	MP372;+0,000
MP281;0	MP304;+0,000	MP327;0	MP350;0	MP373;+0,000
MP282;0	MP305;+0,000	MP328;0	MP351;0	MP374;+0,000
MP283;0	MP306;-45,000	MP329;0	MP352;0	MP375;+0,000
MP284;0	MP307;+0,000	MP330;0	MP353;0	MP376;+0,000
MP285;0	MP308;+0,000	MP331;0	MP354;0	MP377;+0,000
MP286;0	MP309;-200,000	MP332;0	MP355;0	MP378;+0,000
MP287;0	MP310;+0,000	MP333;0	MP356;0	MP379;0
MP288;0	MP311;+0,000	MP334;0	MP357;0	MP380;0
MP289;0	MP312;+0,000	MP335;0	MP358;0	MP381;0
MP290;0	MP313;+0,000	MP336;0	MP359;0	MP382;+0,000
MP291;0	MP314;+0,000	MP337;0	MP360;0,000	MP383;+0,000
MP292;0	MP315;0	MP338;0	MP361;0	

## 5.2.5 DECKEL 控制系统

### 1. 系统概述

DECKEL 系统为德国系统。目前已经马豪及另一厂商合并为德马吉公司。国内常见的有 DECKEL4、DECKEL12 系统。

#### ● 通信接线方式



- 通信软件

一般机床厂家多给此系统配 V24 通讯软件,使用 CAXA 的串口通讯 DNC 软件效果也很好。

- 注意事项

通讯时的各项通讯参数没有特殊的要求。对程序头尾格式及程序文件名称有要求,设置时一定要注意。随系统号不同而有差别。

## 2. DECKELA 系统

具有代表性的机床型号:DECKELFP2A。

- 程序头尾格式

程序起始符号使用“&%250”,%250 为所发送程序的文件名称。程序尾使用“?”加“0A4F”。

文件格式实例:

```
&%250
%
(&%250/0000250)
N1 G90G0Z100.000
N2 S+800
N3 X0.000Y0.000Z100.000
N4 Z50.000
N5 Z10.000
N6 G1Z0.000F100
N7 X25.000F1000
N8 Y15.000
N9 G3X15.000Y25.000I-10.000J0.000
N10 G1X-15.000
N11 G3X-25.000Y15.000I0.000J-10.000
N12 G1Y-15.000
N13 G3X-15.000Y-25.000I10.000J0.000
N14 G1X15.000
N15 G3X25.000Y-15.000I0.000J10.000
N16 G1Y0.000
N17 X0.000
N18 Z50.000F3500
N19 G0Z100.000
N20 M5
N21 M30
?
```



0A4F

在 CAXA 制造工程师中需要配置机床后置,配置如图 5-6。



图 5-6

● 注意事项

该系统的 IJK 为标准的圆心相对于起点。主轴正转使用“+”,主轴反转使用“-”。程序中主轴启动符 M03 必需要加在主轴转速 S 前面。

3. DECKEL12E 系统

具有代表性的机床型号:Dialog12E

● 程序头尾格式

程序起始符号使用“%250”,%250 为所发送程序的文件名称。程序尾使用“?”加“FFFF”。

文件格式实例:

```
%10(M-D11-000000--1998.7.2-%10)
?
FFFF
%10*(M-D11-000000--1998.7.2-%10)
N1G90G0Z120.000
N2S500M3
N3X15.901Y1.667Z120.000
N4Z90.000
N5Z16.788
```

N6G1Z1.788F60  
N7X15.082Z2.185F100  
N207X-18.324Z1.688  
N208X-19.135Z1.076  
N209X-19.919Z0.440  
N210X-20.676Z-0.219  
N211Z90.000F3500  
N212G0Z120.000  
N213M5  
N214M30  
?  
FFFF

### 5.2.6 马豪数控系统

马豪为美国的控制系统。国内常见到的有:MH1000、MH2000、MH700、MH400、MH500 等型号。使用其控制系统的多为卧式数控铣床,其坐标轴与立式机床有区别。读对于使用 CAXA 制造工程师软件,要注意在后置输出时改变 XYZ 和 IJK 的次序。CAXA 制造工程师中 MH700 和 MH2000 的后置已经在 post 内的 CFG 中修改了 XYZ 但是 IJK 未修改。

制造工程师对于此类马豪的卧式机床,应当修改配置文件中内容如下:

```
XYZ_ADD<XZY>  
IJK_ADD<IKJ>  
OUT_ADD<XYZ>
```

马豪控制系统多数带有软驱和标准 232 串口,机床和 PC 的通信较容易。

### 5.2.7 FIDIA 系统

#### 1. 系统概述

为意大利的数控系统。早期的控制系统有很多不具有通讯功能(虽然有 232 硬件接口,但有不少被封死)。现在的 FIDIA 系统的控制器已经可以使用标准 PC 机及 Windows 系统平台,且具有以太网卡,通讯非常方便。目前销售的为 FIDIAM20、30 系统,该系统的平台为 Windows NT。

早期国内较常见的为 FIDIA10 系统,如:鞍山铸钢厂(通信部分已经被封死)、苏州缝纫机配件厂、原浙江模具中心、上海塑料模具厂、北京雪花集团模具厂等已购买的。

#### 2. Fidia-10 系统

##### ● RS-232C 接口说明

机床外部无 232 接口,打开控制柜后在机床下部有各种接口板。右起第一为 CUP 板,另有两块分别标有 SLU1 和 SLU2 的板,其中 SLU/板为 DNC 接口板,DNC232 口在 SLU1 板下部的位,如图 5-7 所示。

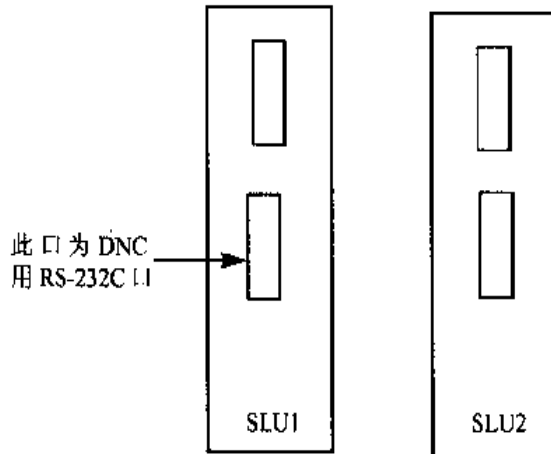


图 5-7

● FIDIA10 串口接线方式如接线图 5-8。

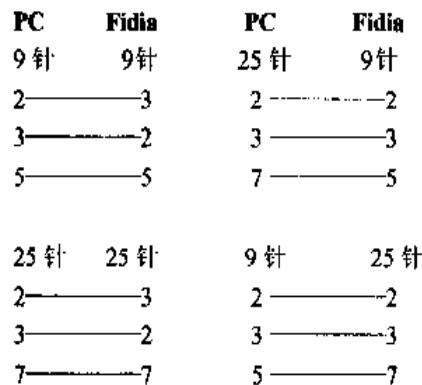


图 5-8

● 默认参数

波特率:4800;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:奇;

协议:无。

● 注意事项

该系统没有使用通信握手协议,通信比较简单。但是如果发生无法传输现象,需要试修改 PC 端的通信参数,因为经常遇到该系统机床端参数显示与实际值不符合的想象。如机床

实际使用了奇校验,而机床上显示为偶校验。

● 程序头尾格式

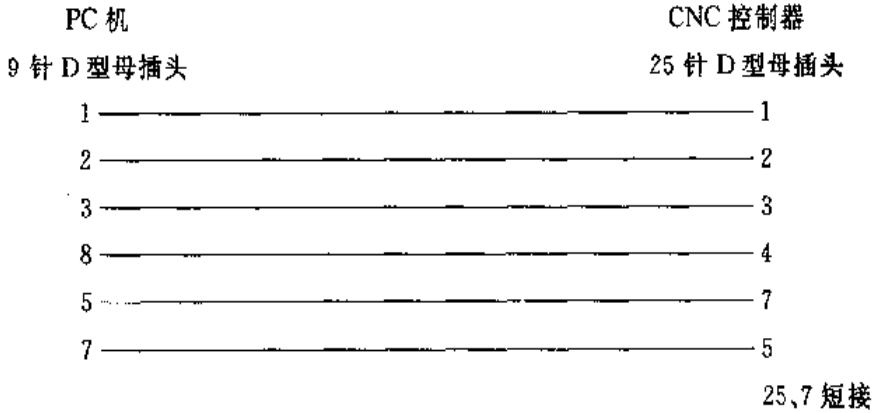
该系统程序头尾无特殊要求。传输程序实例:

```
%  
(Shafradius=4.00Cornerradius=4.00FileName=QYS/LG_POST/DT)  
G90G00G54X0.000Y0.000Z80.000;  
B0M10;  
G43G01Z150.H01;  
S1000M03;  
F200.00;  
N0X56.695Y30.003Z80.000;  
N1Z1.595;  
N2X56.863Y29.953Z1.318;  
N3X57.058Y29.976Z0.662;  
N4X57.224Y30.001Z-0.075;  
N5X57.390Y30.015Z-0.938;  
N6X57.564Y30.017Z-2.009;  
N7X58.195Y29.208Z-0.830;  
N8X57.665Y29.149Z1.366;  
:  
N7999X19.150Y-92.253Z4.083;  
N8000X19.386Y-92.248Z2.183;  
N8001X19.623Y-92.223Z0.267;  
N8002X19.861Y-92.176Z-1.668;  
N8003X19.979Y-92.145Z-2.640;  
N8004Z80.000;  
N8005X0.000Y0.000Z80.000;  
N8006M05;  
M30;  
%
```

### 5.2.8 HELLER

HELLER 系统为德国生产,国内比较少见。代表机型:HELLERBZV07。其接线方式比较独特,其他通信参数等没有特别要求,可以使用 RTS/CTS 硬握手协议。

### ● 通信接线方式



## 5.2.9 三菱控制系统(Mitsubishi)

### 1. 三菱系统概述

三菱控制系统为日本三菱公司研制。三菱机床控制系统可划分为两大类,一类为提供编程机的老式的控制系统,另一类为现代比较通用的控制系统。现在比较新的是 64M 三菱系统。

### 2. 老式三菱机床控制系统

老式三菱系统使用的操作系统提供三菱的编程机,其操作系统为特制的 DOS 2.0 版本,数据转换很不方便,但是可以通过 RS-232C 串口通信。其的 RS-232C 串口使用固定的通信参数,在机床的操作面板上没有任何参数设置和接收数据选项。由于此系统的串口一直处于接收等待状态(没有发送功能),所以在计算机这边只需要将参数、接线安装三菱提供的方法设置好即可发送。

#### ● 默认参数

波特率:2400;

数据位长:7;

截止位:2;

奇偶校验:偶;

协议:无。

根据型号的不同,上述参数会有变化,详见表 5-5。



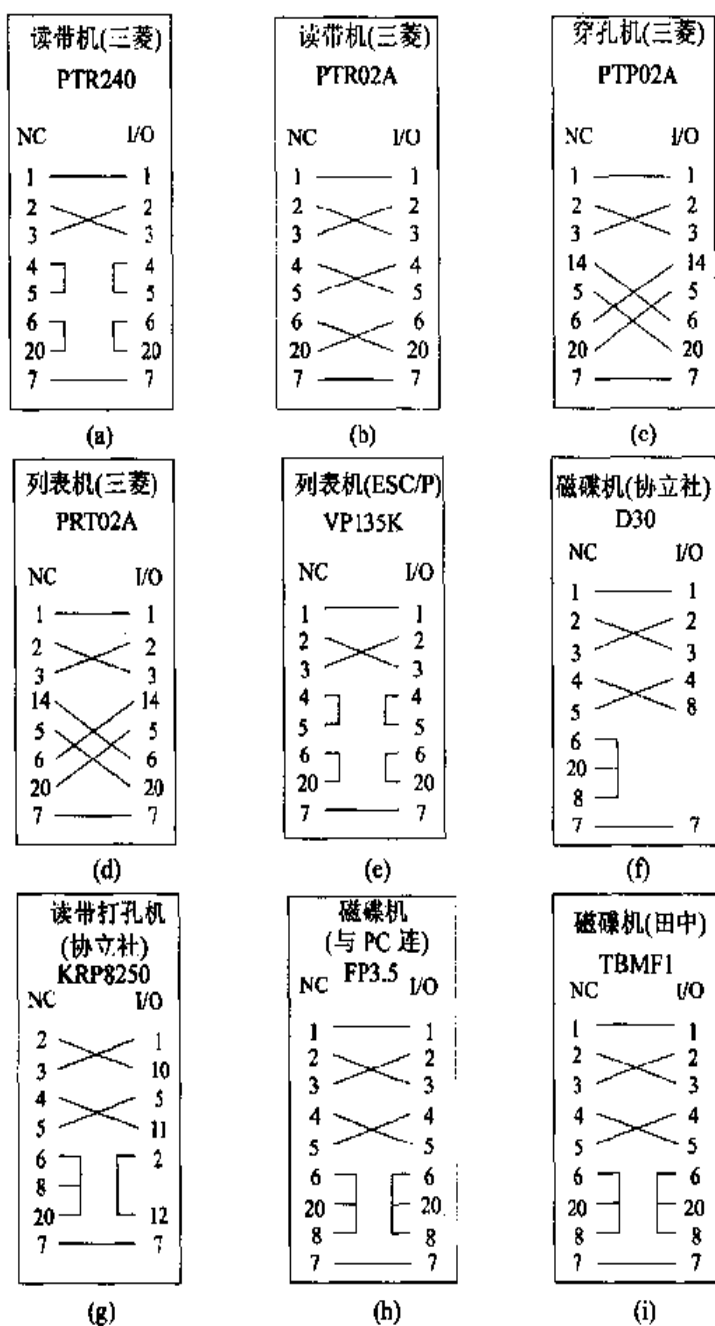


图 5-9

● 机床串口 25 针接口引角定义

老三菱机床串口为 25 针,其管角定义如图 5-10。

3. Mitsubishi64 系统

该系统为三菱比较有代表性的新一代数控系统。

● 默认参数

波特率:9600;





截止位:1;  
奇偶校验:无;  
协议:无。

## 5.2.11 SIEMENS(西门子)系统

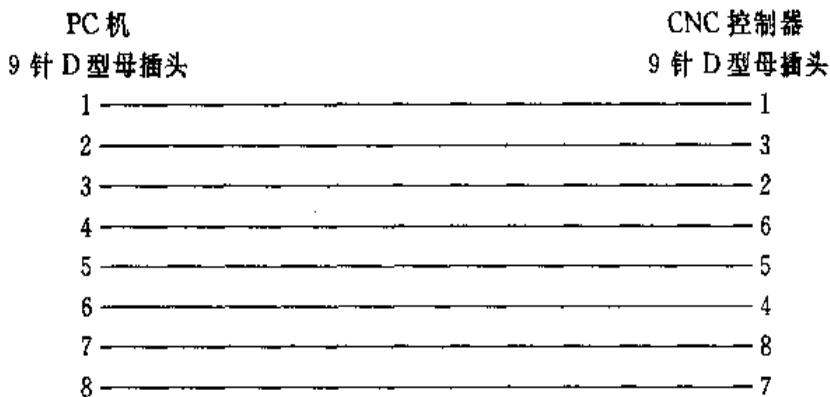
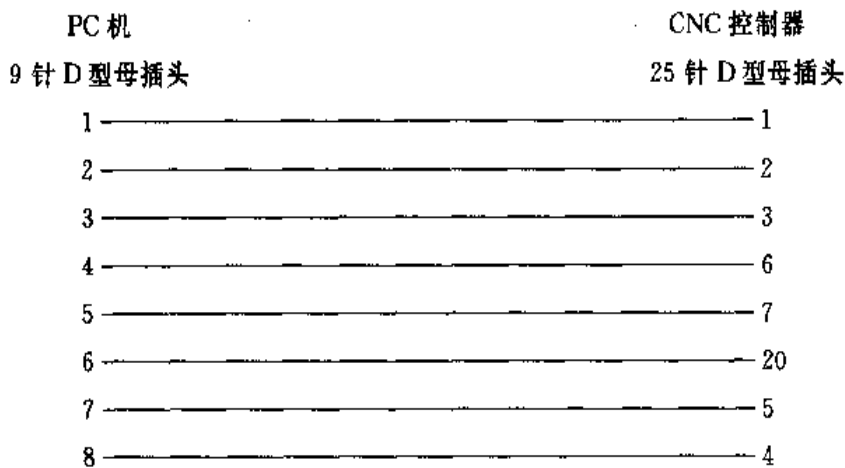
### 1. SIEMENS 系统概述

西门子系统为德国生产的数控系统。CNC 机床系统为 SINUMERIK 系列,它包括:802S/D/C、810D、840D/C 等。比较典型的是 SINUMERIK802S/D。

SINUMERIK802S 是采用步进电机系统的经济型 CNC 机床系统。目前国内常见系统为 Siemens801/802/804/805 等经济型系统。

### 2. SINUMERIK 802S

#### ● 通信接线方式



#### ● 默认参数

波特率:9600;  
数据位长:8;  
截止位:1;

奇偶校验:无;

协议:RTS/CTS。

#### ● 程序头尾格式

Siemens802-S 程序头如下:

```
%_N_M133_MPF  
; $PATH=/_N_MPF_DIR  
M05
```

上面格式中的“133”为程序号,应和机床上输入的程序读入号一致。第二行为指定路径。

#### ● 注意事项

注释行用“;”开头。可以使用 GB 汉字码,但是标点不允许使用全角方式。文件名最长支持 8 位,头两个必须为字母。程序中每行可加注释,注释前用分号“;”表示。注释可以使用中文(GB 码),但不可以用全角标点。如果使用在线加工,需要打开系统提供的预处理功能,方法是在程序头上要加“G64”(SIEMENS802/810/840 系统都提供预处理功能,代码为 G64)。

G64 含义:速度连续(系统预处理 10 几条程序),如果没有 G64 系统在运行全部为 G01 的三联动代码时,在每个 G01 上有停顿。机床抖动严重,将造成断续的加工痕迹。所以对于 SIEMENS802/810/840 系统,程序头 G01 前应加 G64。

#### ● 常用通信软件

该系统随机提供通讯程序为:Pcin。

### 5.2.12 FAGOR(斐高)

FAGOR 数控系统是西班牙生产的机床控制系统,属于比较新的操作系统。该系统提供通信软件,如“Fagor50”、“Fagor40”。该软件经过修改可支持中文环境。

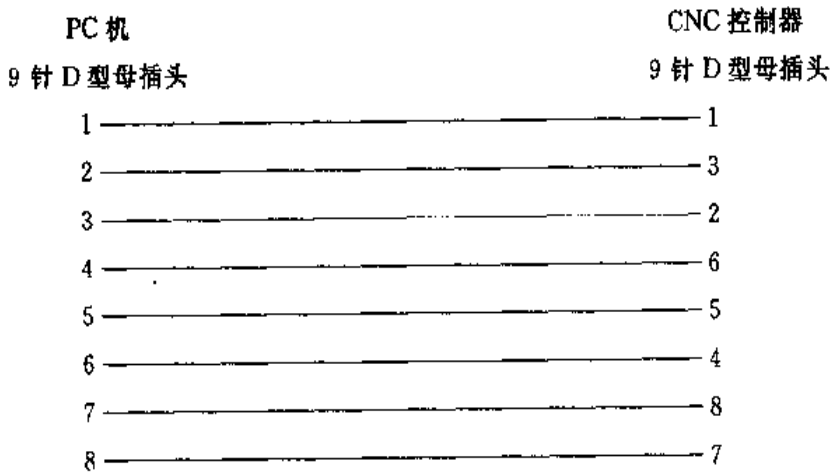
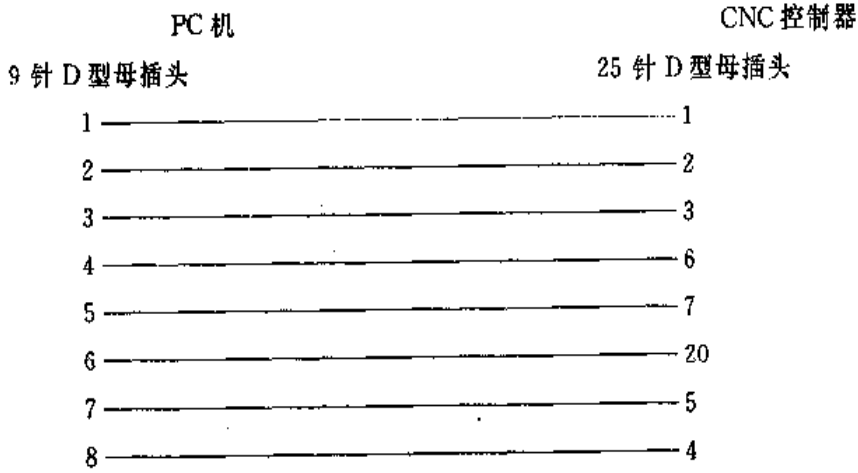
### 5.2.13 CINCINNANTI(辛辛那提)

CINCINNANTI 为美国 CINCINNANTI 公司生产的机床控制系统,目前该系统已经全部运行在标准 PC 机上,具有以太网卡,使用 Windows 平台。其与 PC 的通信非常容易。该系统也提供 CNC 通信软件,可以实现 PC 端直接登陆机床系统并控制机床。

### 5.2.14 Num(纽目)

为法国生产的机床控制系统。其通信参数、程序格式等都比较标准且系统提供专用通信软件。

### ● 通信接线方式



## 5.2.15 OKUMA(大隈)

### 1. OKUMA 系统概述

OKUMA 系统为日本生产的机床控制系统。一般带有软盘驱动器和 RS232 通讯接口,通讯接口板使用 CCP 板具有真正的 DNC 功能。所有机床上显示有两种 DNC 方式: DNC - A 和 DNC - B。其中 DNC - B 为真正的 DNC 功能,而 DNC - A 只能一次性发送接收。

### 2. OKUMAOSP700MC - R 系统

OKUMAOSP700MC - R 系统为版本较老的系统,只有 DNC - A 方式。

#### ● 通信接线方式

串口线连接方式比较标准,可按 FANUC 接线方式连接。

#### ● 默认参数

波特率:4800;

数据位长:7;

截止位:1;

奇偶校验:奇;

协议:XOFF/XON。

### 3. OKUMAOSP700

- 默认参数

波特率:9600;

数据位长:7;

截止位:1;

奇偶校验:偶;

协议:XOFF/XON。

- 程序头尾格式

程序头为:“O”后跟程序号。

## 5.3 线切割机床通信

### 5.3.1 机床简介

线切割机床按加工原理可分为快走丝机床和慢走丝机床。国产线切割机床多数为快走丝机床,进口线切割机床多数为慢走丝机床。快走丝机床使用的代码为 3B 格式,慢走丝机床使用代码一般为 G 代码。典型的快走丝机床有:苏州三光、宁波海曙、上海无线电专科学校等生产厂商生产的机床。慢走丝机床的代表有:日本沙迪克(Solidk)、瑞士阿奇(AG)等。

CAXA—WEDM 软件可以生成快走丝机床的 3B、4B 代码和慢走丝机床的 G 代码。对于慢走丝机床,一般采用标准 RS-232C 串行口通信,如图 5-11。通信方式和数控铣床的通信方式一致。

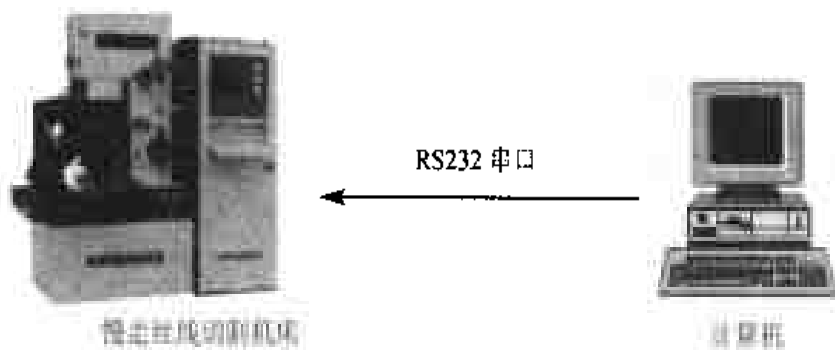


图 5-11

快走丝机床的通信比较杂。根据机床的不同,目前 CAXA—WEDM 提供的两种方式。一种用机床本身的电报头接口和计算机并口连接进行通信,另一种是用机床的光电口接口和计算机的并口通信。这两种方式都属于计算机和机床直接连线的方式,如图 5-12。

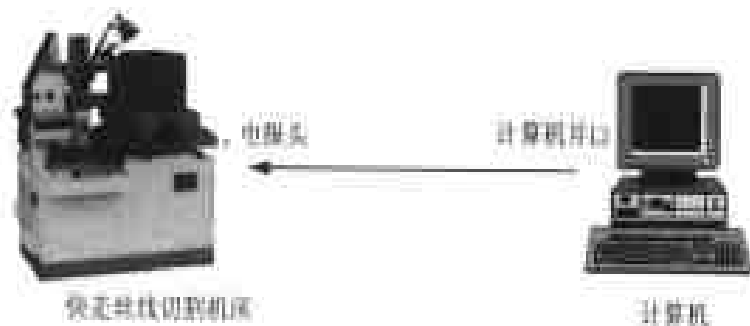


图 5-12

另外 CAXA—WEDM 还提供一种与穿孔机连接的方式。如使用长江有线电厂生产的 CJP-1000K 型五单位穿孔机, CAXA—WEDM 提供了与穿孔机直连的方式,如图 5-13。

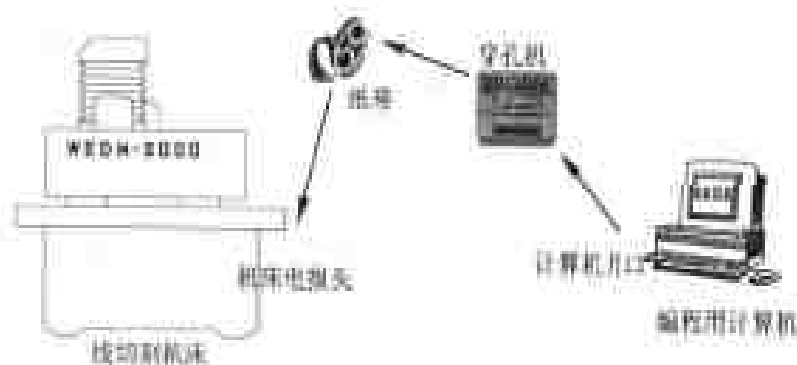


图 5-13

注意:PC 与穿孔机连接方式与穿孔机芯片及计算机并口模式有很大关系,同是 CJP-1000K 型五单位穿孔机,1994 年产的可以,2000 年出的就可能有问题。

### 5.3.2 计算机与电报头通信

快走丝线切割机床一般提供一个外部电报头接口,有一些虽然不提供,但会内置一个电报头。

电报头的工作原理是用一个机械行走轮转动,带动输入纸带,在纸带上有六排孔,其中 5 排孔为数据孔,一排为导孔。当纸带由导孔齿轮牵引通过时,由电报头的机械判断方式判断 5 排数据孔是否穿透,并将透与不透的机械判断转换为电信号的高、底电平信号。

CAXA 线切割软件则通过计算机并口的 2、3、4、5 针脚输出模拟电报头的 5 排数据孔的高低电平信号。

表 5-6 是 CAXA 的线切割软件实用计算机 25 针并口端针脚输出含义。

表 5-6

并口	2	3	4	5	6	10	11	25
含义	数据 1	数据 2	数据 3	数据 4	数据 5	同步信号	合并后接地	

表中“数据 1”、“数据 2”、“数据 3”、“数据 4”、“数据 5”对应于线切割机床电报头纸带导孔的 1、2、3、4、5 引线。而同步信号线可以看作是电报头的导孔线(一般可看作是继电器信号线,控制电报头读入数据的速度)。有些线切割机床由控制板上提供一条同步信号线。如果线切割机床本身没有提供同步信号线,可以使用机床电报头的继电器信号线,但是必须注意,机床的继电器信号线的电平较高,有 12V 甚至 24V 的,如果直接接到计算机并口的第 10 脚上势必将烧毁计算机并口。所以这种直接使用电报头继电器信号线做同步信号线的做法,必须在计算机的并口的第 10 脚和地线之间接上一个稳压电路(可用一个稳压管加一个保护电阻控制,参见苏州三光的接线图)。

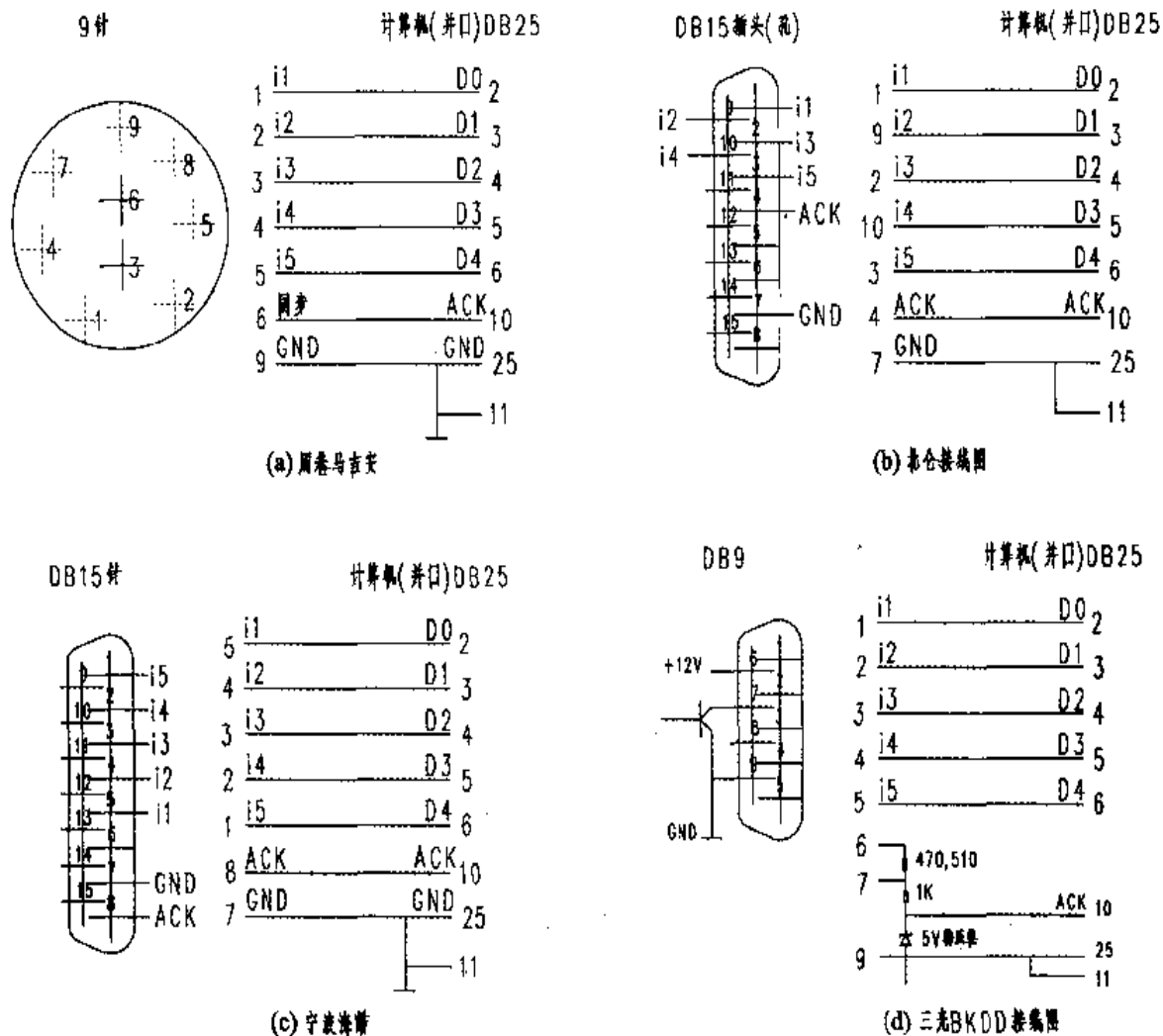
计算机并口和机床电报头之间的通信,如果机床提供同步信号线,这样传输速度较高,如果没有,而使用电报头的继电器信号发生器,传输速度和电报头的读入速度一致(较慢)。

表 5-7 所列是一些提供电报头接口的线切割机床接线方式。

表 5-7

线颜色	计算机并口	线切割机床	苏州三光	海曙	三星	上无专	江北	北仑	江门电机	德威	长光	周巷马吉安	
红	2	D0	L1	1	5	1	1	8	1	1	5	8	1
绿	3	D1	L2	2	4	2	2	7	9	8	4	7	2
蓝	4	D2	L3	3	3	3	3	6	2	2	3	6	3
黄	5	D3	L4	4	2	4	4	5	10	9	2	5	4
白	6	D4	L5	5	1	5	5	4	3	3	1	4	5
黑	10	ACK	同步	6,7	8	9	6	9	4	11	7	3	6
橘黄	25,11	地	地线	9	7	15	9	15	7	5	9	15	9

图 5-14 为几种机床的具体接线图。



注：图中数字表示接头引脚号。

图 5-14

## 5.4 CAXA—DNC 方案

### 5.4.1 CAXA—普通 DNC

#### 1. 通信形式

一台计算机和一台数控机床进行加工通信时,如图 5-15,通信软件只和一种机床控制系统发生关系。

#### 2. CAXA—普通 DNC 常见问题

- 一对多问题

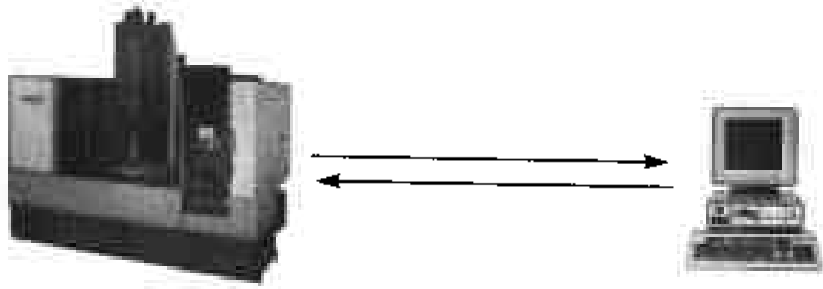


图 5-15

目前大多数数控机床不具备网络功能,使用 RS-232C 通信方式实现 CNC 加工方式。一台微机标准 RS-232C 为两个串口,即最多只能连接两台机床。一般通信软件无法对多串口进行支持,更无法同时实现 DNC。

- 各类机床控制系统通信协议不同问题

市场上各类控制系统的 RS-232C 串口通信参数不完全相同,不同系统使用不同的协议、换行符、结束代码等等。一个企业各个时期购买的机床种类、型号会有所不同。每个控制系统一般都带有一个专用的通信程序(如 Siemens、Hading)。一个专用的程序不可能适合所有的机床。

- 老式控制系统和现代微机速度不协调问题

很多老式机床的计算机处理速度很慢,现代的微机运算速度非常快。当计算机收到机床的请求发送信号后会马上向机床发送一个信号,但是机床有可能连接收准备都没做好,这样就发生通讯参数正常,但是机床却收不到计算机信号的问题。

- 机床电磁干扰造成通信中断问题

数控机床的 DNC 通信过程中如果周围环境有较强的电磁干扰,可严重影响通信信号的传输,轻则通信中断,重则损坏机床。当这类电磁干扰属于外部干扰时,如手机、强电、其他微波等,可通过增强通信线和计算机的屏蔽来解决。但是如果电磁干扰源来自数控机床自身,如很多电加工机床由于其工作原理是通过火花放电来完成的,其自身的电磁干扰就很强,这类机床的通信靠单纯加强 RS-232C 数据线和计算机的屏蔽无任何作用。

- 远程问题

一般 RS-232C 通信距离为 30 m 以内,老式系统有可能距离更近。当距离在 30 m 以上时,信号不稳定。

## 5.4.2 CAXA—多路 DNC

### 1. 通信形式

一台计算机和多种不同类型的数控机床同时进行加工通信时,通信软件要和各种控制系统发生关系。一台计算机与小于 64 台机床的 DNC 通信适合中小型企业。



## 2. CAXA—多路 DNC 可解决问题

- 计算机 RS - 232C 口扩充;
- 软件对多路通信的支持;
- 通信参数的多样化;
- 控制系统和现代微机运算速度不协调;
- 部分机床自身电磁干扰问题;
- 远程通信的信号增强。

CAXA 多路 DNC 拓扑结构如图 5 - 16。



图 5 - 16

### 5.4.3 CAXA—网络 DNC

使用 CAXA—网络 DNC 智能终端与以太网连接,可实现多对多的 DNC,即多台计算机对多台机床的通信。

#### 1. CAXA—网络 DNC 解决的问题

- 使用现有以太网,网络通到哪里,机床就可以连接到哪里。
- 允许任意多台计算机和多台机床进行 RS - 232C 通信。
- 缩减 RS - 232C 线路距离,加大通信可靠性和稳定性。

如图 5 - 17 所示。

#### 2. CAXA—网络 DNC 具体功能

基于 NT 的局域网,使用 TCP/IP 的微机,安装识别软件后即可与通过 CAXA—网络 DNC 网桥连接到网络上的任意一台机床进行 RS - 232C DNC 通信。

支持以下通信参数:

其中,“反馈字符”专为苏州三光的线切割机床设置;“延时时间”收到机床信号后,再向机床发送信号前的等待时间;“超时时间”在传输过程中收不到机床反馈信号时,超时多少时间后再向机床发送。

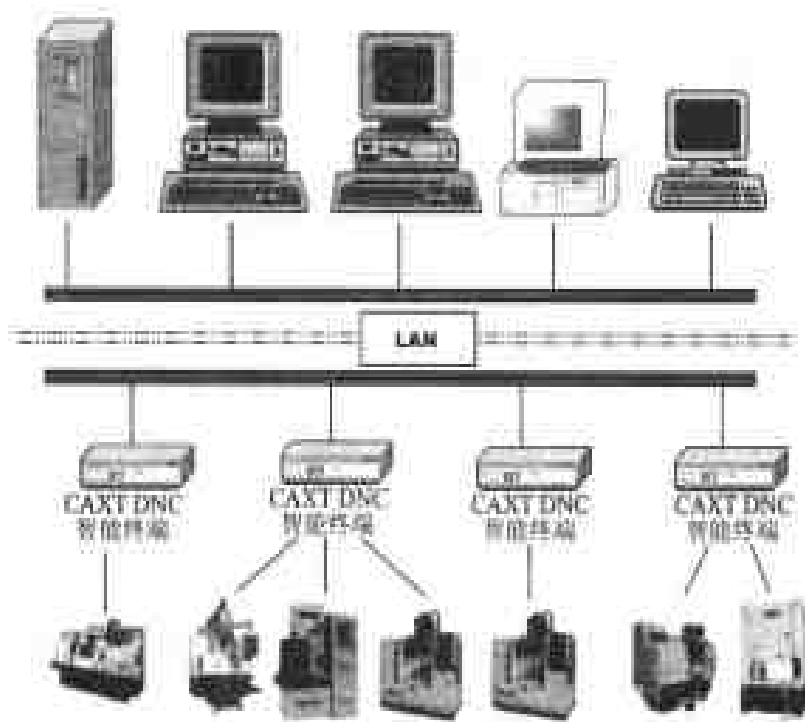


图 5-17 网络 DNC 拓扑图

波特率设定	110、150、300、600、1200、2400、4800、9600、19200、38400、57600、115200
通信协议设置	无、XON/XOFF、RTS/CTS、DSR/DTR、XON/XOFF&RTS/CTS、XON/XOFF&RTS/CTS&DSR/DTR
校验设定	无校验、奇校验、偶校验、空格校验、标记校验
数据位长设定	七位、八位
截止位设定	一位、两位
反馈字符设定	无、“。”反馈
结束代码设定	无结束代码、有结束代码(可手工填写)
换行符设定	无、LF、CR、LF+CR、CR+LF
延时时间设定	最大为 1 秒
超时时间设定	最大 10 秒

### 3. CAXA—网络 DNC 支持的其他功能

#### ● 代码察看及编辑

察看代码文件并可进行代码手工编辑。使用代码察看功能,系统能够自动调用 Windows

的编辑器(记事本或写字板)。

- 增加机床、删除机床功能

用户可在软件中增加、删除机床。

- 按机床设置通信参数

通信参数不是固定的一个配置,可以按不同的机床分别设置存储,用户只需要选择机床既选择了相适应的通信参数。

- 工作路径、传送文件扩展名的设置

不同的机床可以设置不同的工作路径和文件扩展名,其工作路径支持局域网。

- 远程 RS-232C 信号增强

通过 RS-232C 接口的改造,使信号增强。最大通信距离可增加至 11 公里。

- 代码显示开关

开关打开时,在通信过程中可以实时显示发送中的代码。关闭后可节省 CPU 占用率,对于同时面向很多机床的通信非常重要。

## 第 6 章 CAXA 逆向工程

### 6.1 逆向工程概念

逆向工程(ReverseEngineering)一般用于仿制过程。传统机械仿制技术,一般是用靠模铣床,在仿制过程中只能作等比例的复制。采用数控仿形铣床后,虽然可以进行 X、Y、Z 三个方向上的不同比例缩放,但是无法任意修改产品的尺寸,即使在原基础上改型困难。

逆向工程能够很好地解决上述问题。其流程如图 6-1 所示。

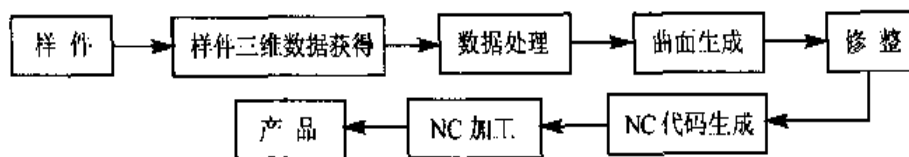


图 6-1

逆向工程中三维数据的获得有两种方法。一种是通过照相技术,根据光源位置,用计算机还原为三维数据模型。另一种是通过三坐标测量仪直接获取三维数据模型。前一种技术,由于现存较大误差,还不太适用于精度要求很高的产品复制。

### 6.2 逆向工程系统的构成

对于精度要求较高的模具制造,建立一套完整的逆向工程,通常要有下列配置。

- 测量头:接触式或非接触式;
- 测量平台:三坐标测量仪、多轴专用测量机等;
- 逆向工程软件;可以消除测量噪声,进行曲线编辑、曲面生成、曲面编辑等;
- CAM 软件;生成加工轨迹和 NC 代码;
- 快速成型设备(Rapid Prototyping):激光成型机;
- 数控机床:数控铣床或加工中心等。

## 6.3 逆向工程的难点

一般认为,逆向工程的瓶颈不是设备、经费,而是人才和经验。建立一套完整的逆向工程不难,但要应用得好就需要大量经验、技术的融合。在我国情况要更为复杂,不仅人才是关键问题,而且设备、工艺也是不容忽视的因素。

从技术角度看,逆向工程涉及如下难点:

- 准确快速获得测量数据;
- 将测量数据转化为可编辑的曲面;
- 系统的集成;
- 成本的控制。

## 6.4 CAXA 逆向工程应用系统原理简介

目前较新的国外逆向工程系统大多采用对点云进行处理。大量散乱的点云,其边界的识别、测量噪声消除等处理过程复杂、处理时间长,且效果不是很理想。

CAXA 逆向工程系统没有直接对点云进行处理,而是处理有序点。

CAXA 系统首先将有序点变为有序线段,处理有序线段转化为有序样条曲线,再将有序样条曲线按放样面方式生成曲面。在生成曲线和区面的过程中,系统都提供了对数据进行修正功能,用以消除测量噪声。

## 6.5 CAXA 逆向工程模块

CAXA 逆向工程是建立在 CAXA 制造工程师平台上的应用模块,它的图形、接口部分完全依赖 CAXA 制造工程师。

实际应用中,CAXA 逆向工程模块应当包含两部分:CAXA 工具箱模块和反向工程模块。

CAXA 工具箱也是一个特殊定制的模块,其中的内容是根据客户需要选项开放的。它包括:

- 圆弧—样条(将圆弧转换为样条曲线);
- 节点矢量(求样条型值点的切矢);
- 样条点(在样条曲线上取点);
- 曲线升阶(将曲线升阶);
- 曲线降阶(将曲线降阶);
- 三维线架轴侧投影(将三维空间曲线以轴侧方式转换到平面,以利于二维文档调用);

- HPGL 输出(将三维轨迹输出为雕刻机专用的 HPGL 代码);
- 刀位一直线(将刀位轨迹转换为折线);
- 求等距面的原始面(针对已经删除了母面的等距面);
- 样条优化(按给出精度,删除 Spline 的控制点);
- 曲线最大/最小曲率半径(求 Spline 的最大和最小曲率半径)。

对于逆向工程,一般开放其中的“刀位—曲线”功能(即将刀位轨迹转换为连续的折线)。

反向工程模块包括:

- 生成组合曲线(将有序折线组转换为组合曲线);
- 补齐组合曲线(组合曲线的补齐);
- 线生成曲面(将组合曲线转换成曲面);
- 曲面光滑(去除曲面中的缺陷)。

## 6.6 CAXA 逆向工程模块处理过程

因为一般测量数据的数据量非常巨大,一个 1 m 左右的汽车覆盖件,数据量达到 800 K 以上。这些数据中如果采用单纯点的方式读入,将形成巨大的点云。手工逐个编辑是不现实的。所以 CAXA 系统提供两种读入方式,可以使这些点按照测量的顺序,以有序的方式读入。一种是通过 DAT 数据接口读入,另一种是用加工代码方式读入。如下面例子是以 Fidia 格式加工代码读入:

```
N1G90G00Z150.000
N2S1200M03
N3X63.387Y-49.122Z150.000
N4Z100.000
N5Z10.097
N6G01Z0.097F60
N7X59.177Y-49.116Z0.211F300
N8X55.119Y-49.089Z0.616
N9X51.336Y-49.021Z1.380
N10X47.899Y-48.884Z2.560
N11X44.551Y-48.716Z4.186
N12X41.178Y-48.554Z6.200
N13X37.721Y-48.427Z8.533
N14X34.131Y-48.354Z11.104
N15X30.363Y-48.345Z13.825
N16X26.370Y-48.399Z16.596
```

```

N17X22.103Y-48.508Z19.308
N18X17.581Y-48.638Z21.836
N19X12.913Y-48.754Z24.102
:
N8430X-47.395Y48.683Z24.604
N8431X-52.055Y48.566Z22.342
N8432X-56.571Y48.439Z19.813
N8433X-60.932Y48.301Z17.043
N8434X-65.125Y48.153Z14.059
N8435X-69.139Y47.993Z10.885
N8436X-72.964Y47.819Z7.547
N8437X-76.587Y47.630Z4.069
N8438Z100.000F4000
N8439G00Z150.000
N8440M05
N8441M30

```

根据 CAXA 制造工程师的机床后置设置,选择 Fidia 的后置格式。读入为加工轨迹(带有各种加工参数)。

系统将生成的代码按轨迹方式读入 CAXA 制造工程师软件后,图形如图 6-2。

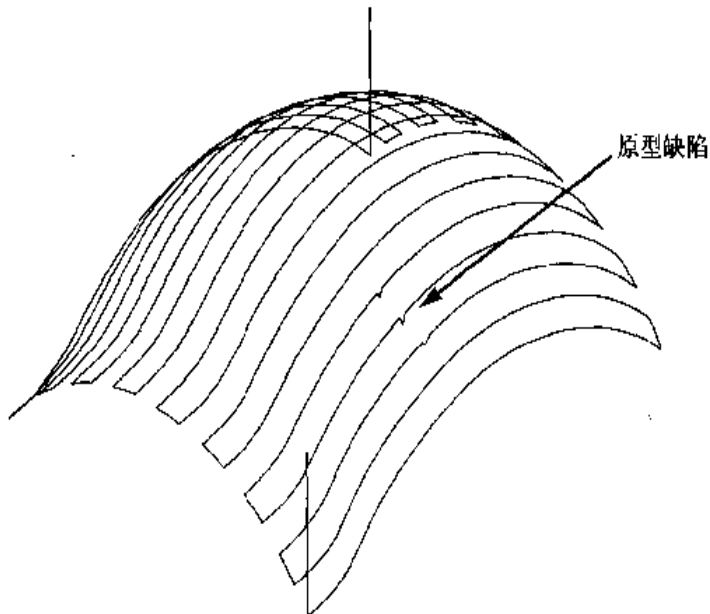


图 6-2

将轨迹逆变为曲面的过程:

轨迹→Pline→Spline→Loft(Skin)

加工轨迹实际是测量得到的三维空间坐标点。将这些空间点滤去加工参数后按测量顺序以直线方式串合在一起,便形成了 Pline。在生成 Pline 时,必须对往复的轨迹折返点进行处理,形成单一方向的 Pline 组。在 Pline 生成过程中,折返点的处理主要是通过机床测量时界定的行距、步长来判断的,这种判断方法相对采用曲率判断要简单可行,速度也相对提高。

再将这些 Pline 组,转换为 NURBS:

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i} = \sum_{i=0}^n R_{i,p}(u)P_i$$

曲线拟合(curvefitting)可以采用插值算法(interpolation)或逼近算法(approximation)。其中,采用逼近法,曲线比较光滑,但是有误差。在系统中逼近法拟合曲线,设置了精度控制,可以根据需要调整误差。必须根据实际零件情况判断采用何种拟合方法。

实际处理过程要比叙述的复杂得多。这里还包含了区域划分、曲线延伸(Curve-extension)、曲线裁剪(Curve-trim)等技术。

采用逆向工程模块中的“轨迹→曲线”功能,将轨迹转换为 Spline 曲线后图形如图 6-3。

曲面的构造,系统采用放样面(Loft-Surface)构造方法。在构成过程中一般要考虑曲线选取的方向性,因为 Loft-Surface 曲面是由剖面曲线(sectioncurves)拟合的。否则会因为曲线方向不一致而导致曲面扭曲。在逆向工程模块中,对于曲线的方向选择,通常根据用户坐标轴的方向,进行自动处理。

曲面生成过程中,设置数据过滤、数据加密、数据有序化的功能,用以修改样条曲线参数点的密度和排列秩序。

使用逆向工程模块的曲面生成功能,可将 Spline 自动转化为 NURBS 曲面,如图 6-4。

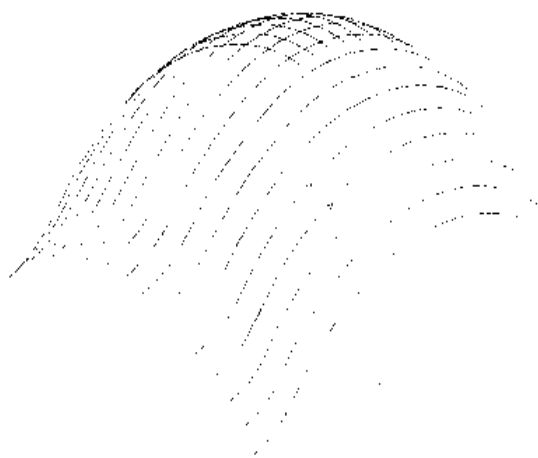


图 6-3

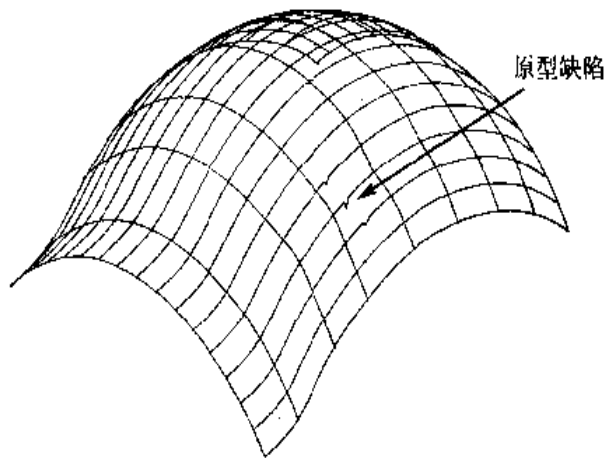


图 6-4

从图 6-4 中可看出,由此生成的曲面仍然带有缺陷。在测量到的数据中,本身就存在很多缺陷。缺陷产生的原因很多,一般有原始测量物本身缺陷,测量系统误差缺陷(多产生于几



何体的陡坡边缘),测量方法自身的缺陷。测量方法的缺陷一般从测量工艺上解决,它取决于操作人员的水平,是不可控因素。实际上测量方法产生的误差是最主要的误差,但本文由于篇幅限制,在测量工艺上不作论述。其他缺陷的消除,主要靠软件来解决。对于测量噪声很小的缺陷,在本系统中使用曲面降阶的方法消除(在逆向工程模块中命名为“曲面光顺”)。

下面是将图 6-4 中曲面光顺以消除测量噪声的例子:降阶前,如图 6-5;一次降阶后,如图 6-6;二次降阶后,如图 6-7;经过光顺处理后的曲面,如图 6-8。

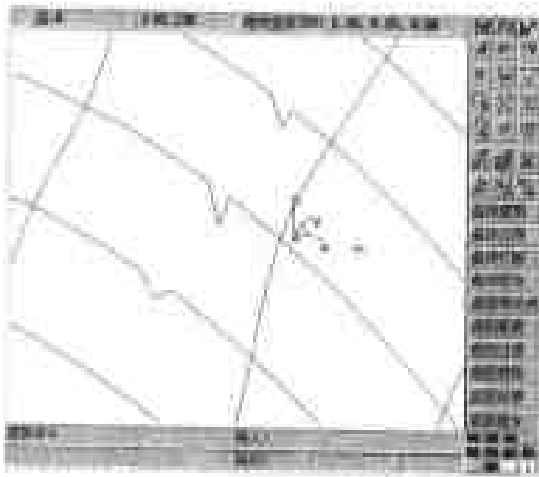


图 6-5

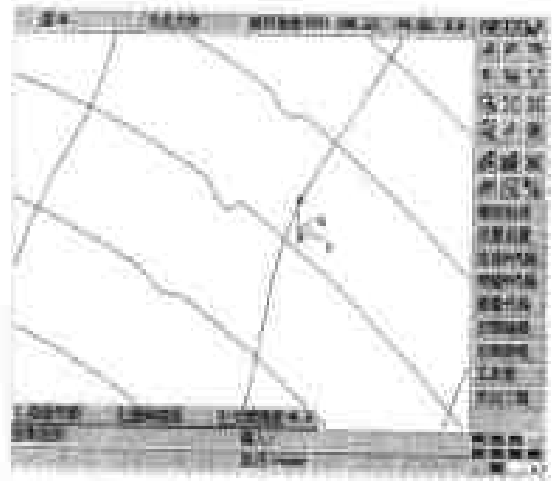


图 6-6

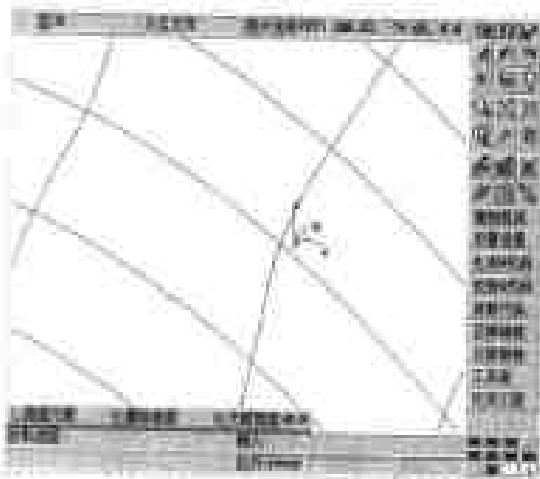


图 6-7

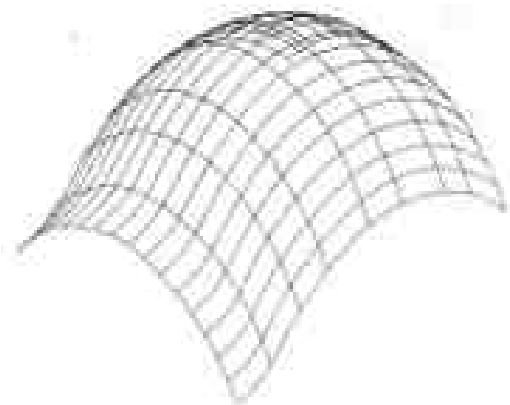


图 6-8

对于曲面缺陷很大,或通过降阶会超出精度范围,而不允许的情况,应当采用曲面重构方式解决。其方法为:取出缺陷曲面的边界线和数条参数线。最好是取出过缺陷处的曲面参数线。编辑有缺陷的参数线,使其在缺陷处光顺(可采用样条逼近算法重新处理)。然后,再用这些边界线和参数线生成网络曲面(MESH)。在曲面重构时,必须注意保证重构精度,否则失真太大,曲面重构将失去意义。

## 6.7 CAXA 逆向工程实用系统应用实例

下面是一个“基于数控仿形的逆向工程应用系统”应用实例。

### 6.7.1 企业情况调查

某企业现有设备为一台 Digimill-40L 的数控仿型铣床,数台手动坐标测量仪、绘图仪,其他普通加工设备若干。因资金有限,无法另购自动三坐标测量仪。

### 6.7.2 系统设计

#### 1. 逆向工程线性结构

一般国外采用的逆向工程应用流程大多数为如图 6-9 所示的线性结构。

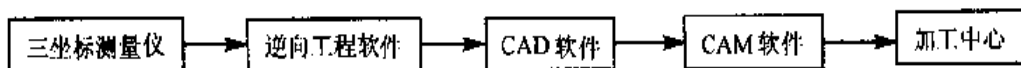


图 6-9

#### 2. 逆向工程应用系统

根据企业的具体情况,提出基于数控仿形的逆向工程应用系统。它是按照下列原则产生的。

- 保证精度,优化工艺,发挥原有设备的潜能;
- 降低成本,提高速度。

#### 3. 逆向工程环形结构

基于数控仿形的逆向工程应用,系统流程结构采用环形结构,如图 6-10 所示。

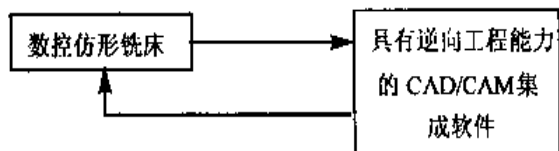


图 6-10

#### 4. 基本实现原理

直接使用数控仿形铣床代替高成本的三坐标测量仪。

数控仿形铣的仿形头,可以将原型实物的三维数据变为数控代码进行加工。如果将这些机床代码导出,在计算机内处理为加工轨迹,再将这些轨迹转变为 Spline,由 Spline 再转为 NURBS 曲面。对于测量噪声,采用曲面优化的方法将其过滤。而原型本身较大的缺陷,可以使用曲面编辑功能修整。这样将得到去掉缺陷的原型数学模型。然后,再用 CAM 软件生成机床加工代码。

### 6.7.3 系统应用流程图

系统应用流程图如图 6-11。

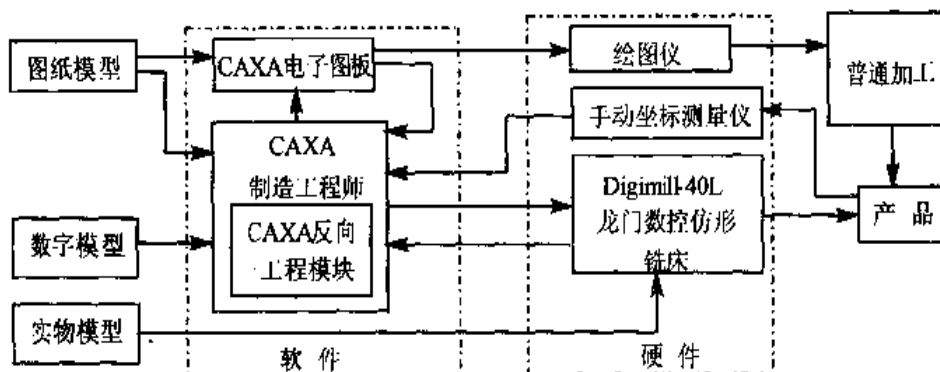


图 6-11

### 6.7.4 系统应用说明

逆向工程的原始模型非单一来源,共有三类:图纸、三维数字模型、实物(如:汽车等)。图纸多为国内其他企业提供;三维数字模型多来源于外企;实物多为国内企业仿制国外产品。

目前最多的来源为以上三种的混合,例如:以国外某车型实物为参照(实物或数字模型)、按国内需求进行修改(图纸)。

实物来源先由数控仿形铣床进行仿形,得到该机床控制系统 Fidia 的后置代码。在 CAXA 制造工程师中开发专用逆向工程模块,将测量数据按轨迹方式读入,再将轨迹处理为 NURBS 曲面,同时进行优化去除缺陷,在软件中按图纸或数字模型进行三维修正(包括产品改型)后,生成机床代码转到数控仿形铣床加工。

数字模型的读入采用 IGES 接口。

图纸模型中,需要数控加工的要求直接在 CAXA 制造工程师软件中进行三维造型,不需要的由 CAXA 电子图板软件绘制二维工程图。两者都有的,先用 CAXA 电子图板软件绘制工程图,将二维电子文档一部分转入 CAXA 制造工程师软件,使用二维线框进行三维造型,其余由 CAXA 电子图板软件绘图输出,转到普通加工。

逆向工程处理后,不需要数控加工的部分,转到 CAXA 电子图板中,按照国家标准标注尺寸、设置图框、标题栏、填写技术要求,输出二维工程图,转到普通加工。

其中手动坐标测量仪为检测用。

### 6.7.5 系统运行结果

该系统经过多年运行,实际测量并生产了大量产品。证明系统是切实可靠的。下面是一

个用上述系统处理汽车车门框的逆向工程实例的渲染图片,如图 6-12 所示。其造型如图 6-13。其加工设备及生产状况如图 6-14。



图 6-12

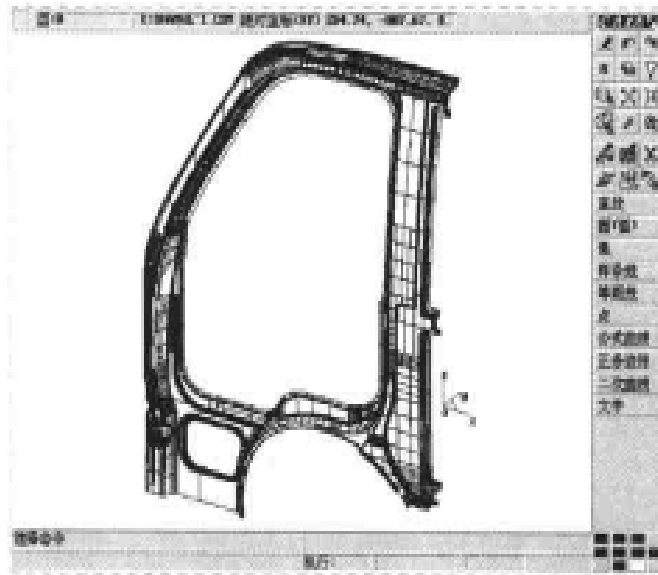


图 6-13

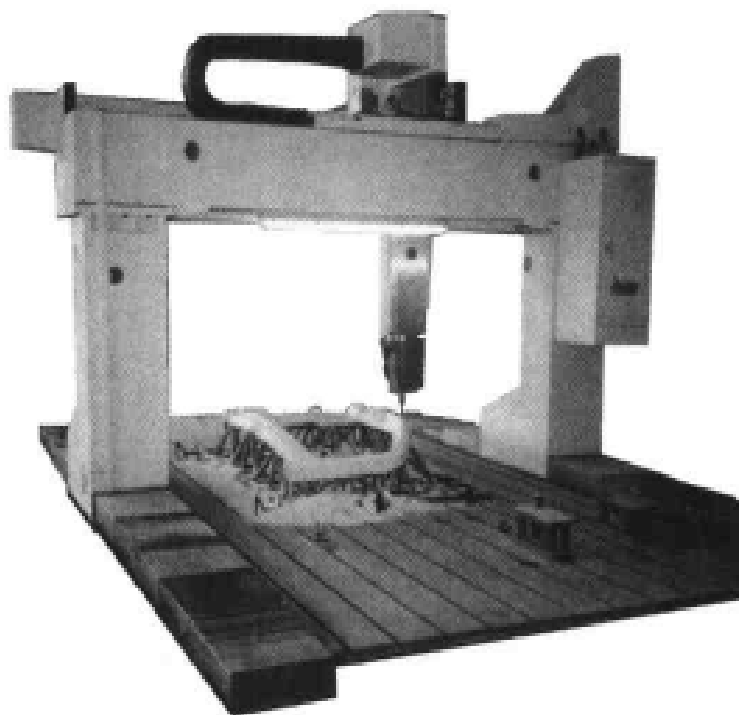


图 6-14