



数控高技能人才一体化课程实训教材

# CAD/CAM 软件多轴数控编程

CAD/CAM RUANJIAN  
DUOZHOU SHUKONG  
BIANCHENG

主编 贺琼义



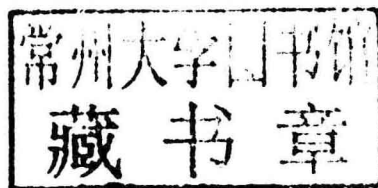
国防工业出版社

National Defense Industry Press

数控高技能人才一体化课程实训教材

# CAD/CAM 软件多轴数控编程

主 编 贺琼义  
参 编 何 平 贺琼丰  
主 审 张永丹



国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书通过大量实例,结合实际生产加工流程,详细地介绍 CAM 软件在模具制造、数控多轴加工和高速切削加工方面的应用。同时针对多轴加工原理、方法和高速切削技术工艺进行了综合分析和实践。通过大量的应用实例能够帮助读者快速、全面地掌握 CAM 软件在模具、多轴和高速加工这三方面的编程和使用技巧。

本书适合对数控编程和 CAM 软件已有所了解,想进一步提高数控编程技术水平的读者阅读,同时也可作为从事数控编程与加工的工程技术人员及高等院校相关专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 软件多轴数控编程/贺琼义主编. —北京:国防工业出版社,2012.7

数控高技能人才一体化课程实训教材

ISBN 978-7-118-07861-9

I. ①C... II. ①贺... III. ①数控机床—加工—计算机辅助设计—教材 IV. ①TG659—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 128143 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 19 字数 460 千字

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

数控加工是现代制造技术的典型代表,在制造业的各个领域都有着日益广泛的应用,已经成为各个领域必不可少的加工手段。在数控加工中数控编程处在至关重要的位置,数控编程是一项实践性很强的技术,对于软件的使用只是数控编程的一个部分。要有效的提高数控编程的水平,只能不断地通过典型范例的学习和生产实践进行的总结。通过典型范例的学习和练习,可以让学习者初步掌握知识的规律,激发学习者的学习兴趣,并在独立思考、知识迁移能力方面得到培养,使学习者带着问题中进行学习。同时也让学习者能够举一反三、解决工作和学习中的问题。

制造技术的全面进步把切削技术推向了高速切削与多轴加工的新阶段,高速切削作为一种新的切削工艺显示出独特的优越性。首先,切削效率成倍提高;其次,高速切削有利于提高产品质量、降低制造成本、缩短交货周期。而多轴加工现对三轴加工而言,有很多的优势,如扩大了加工范围、提高了加工效率、提高了加工精度等,因此,多轴加工技术的应用也越来越来广泛。

本书是数控高技能人才一体化课程的配套教材,一体化课程不要求理论知识的系统性与完整性,它追求的是知识的实用性和能力的培养,实现知识与能力、过程与结果、态度与方法的统一。一体化课程以国家职业标准为依据,以职业能力培养为目标,以典型工作任务为主线,以工作过程和步骤为顺序,在工作情境下,发挥学生的主观能动性,学习工作技能和方法。本书介绍了软件在模具加工、高速加工和多轴加工中的应用。其特点是遵循“从实践到理论,再从理论到实践”的认知规律,突出与生产实践相结合,充分体现“学以致用,能力为本”原则,力求使读者阅读后,能很快的应用在实际工作中,达到花最少的时间,学到最实用的技术技能的目的。

本书由贺琼义主编,并编写模块五、模块六、模块七、模块八、模块九的内容;模块二、模块四由何平编写;模块一、模块三、由贺琼丰编写。

本书得到了国家人力资源与社会保障部的资助。本书在编写中参阅了大量相关手册、教材、图册、技术资料,得到了许多专家和同行的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有不妥和疏漏,敬请读者指正批评。

编者

# 目 录

<b>模块一 模具加工——锻模型腔造型与加工</b> .....	1
1.1 学习前预备知识准备 .....	3
1.2 学习任务实施 .....	6
1.3 学习知识扩展.....	67
1.4 学习回顾.....	84
1.5 实践与讲评.....	84
1.6 评价反馈.....	86
<b>模块二 高速加工</b> .....	88
2.1 学习前预备知识准备.....	88
2.2 学习任务实施.....	92
2.3 学习知识扩展:高速铣削的关键技术.....	114
2.4 学习回顾 .....	131
2.5 实践与讲评 .....	132
2.6 评价反馈 .....	133
<b>模块三 四轴加工——排缆轴造型与加工</b> .....	134
3.1 学习前知识准备 .....	138
3.2 学习任务实施 .....	142
3.3 学习知识扩展 .....	153
3.4 学习回顾 .....	156
3.5 实践与讲评 .....	156
3.6 评价反馈 .....	156
<b>模块四 四轴加工——圆柱凸轮造型与加工</b> .....	158
4.1 学习前预备知识准备 .....	158
4.2 学习任务实施 .....	158
4.3 学习知识扩展 .....	170
4.4 学习回顾 .....	173
4.5 实践与讲评 .....	173
4.6 评价反馈 .....	173

<b>模块五 四轴加工——导风叶轮加工</b> .....	175
5.1 学习前预备知识准备 .....	178
5.2 学习任务实施 .....	180
5.3 学习知识扩展 .....	207
5.4 学习回顾 .....	212
5.5 实践与讲评 .....	212
5.6 评价反馈 .....	212
<b>模块六 五轴加工——3+2 轴棱柱类零件</b> .....	213
6.1 学习前预备知识准备 .....	215
6.2 学习任务实施 .....	216
6.3 学习知识扩展 .....	247
6.4 学习回顾 .....	248
6.5 实践与讲评 .....	248
6.6 评价反馈 .....	248
<b>模块七 五轴加工——五轴钻孔加工</b> .....	249
7.1 学习前预备知识准备 .....	253
7.2 学习任务实施 .....	253
7.3 学习知识扩展 .....	264
7.4 学习回顾 .....	266
7.5 实践与讲评 .....	267
7.6 评价反馈 .....	267
<b>模块八 五轴加工——增压叶轮加工</b> .....	268
8.1 学习前预备知识准备 .....	270
8.2 学习任务实施 .....	271
8.3 学习知识扩展 .....	283
8.4 学习回顾 .....	284
8.5 实践与讲评 .....	284
8.6 评价反馈 .....	284
<b>模块九 五轴加工——管道类加工</b> .....	285
9.1 学习前预备知识准备 .....	286
9.2 学习任务实施 .....	287
9.3 学习知识扩展 .....	293
9.4 学习回顾 .....	294
9.5 实践与讲评 .....	294
9.6 评价反馈 .....	294
<b>参考文献</b> .....	296

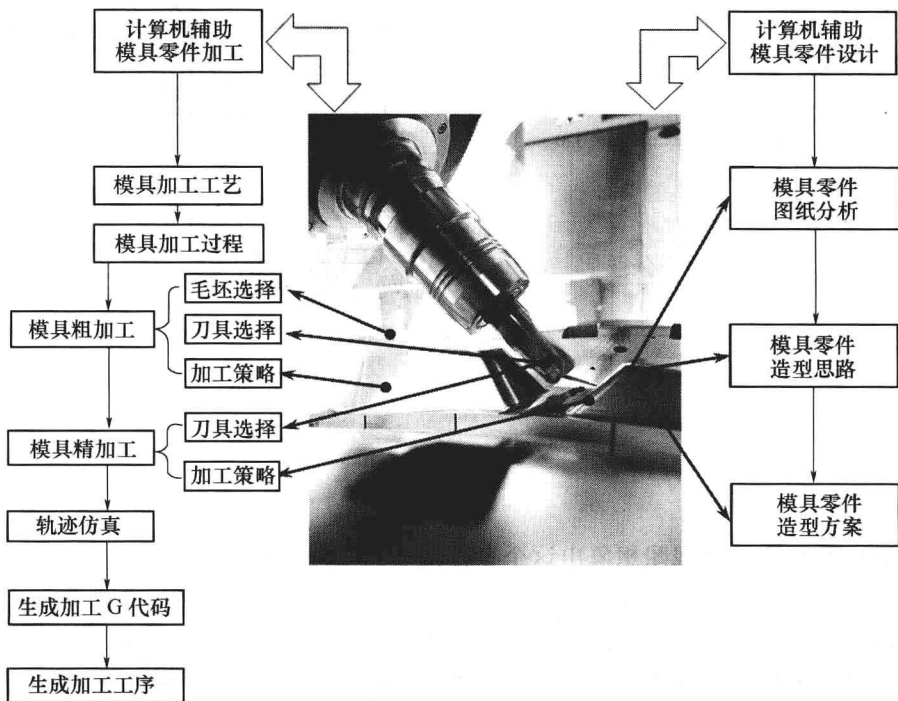
# 模块一

## 模具加工——锻模型腔造型与加工

### 学习目标

1. 熟练使用三维造型软件进行模具产品造型及型芯型腔设计，能独立、准确设计型芯、型腔。
2. 熟悉使用三维造型软件的 CAM 模块，完成数控加工程序，完成仿真校验和后置处理，并得到所需 NC 代码。
3. 深刻理解 CAD/CAM 一体化的基本概念、一般过程及其关键技术，掌握模具型腔造型与加工过程。
4. 掌握现代先进刀具在模具加工中的选用。

### 内容结构



### 学习过程描述：模具型腔造型与加工要点

#### 1. 模型分析

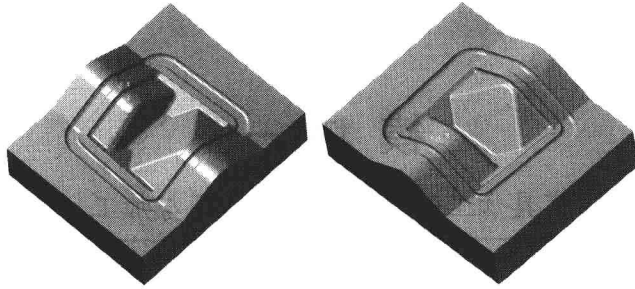


图 1-1

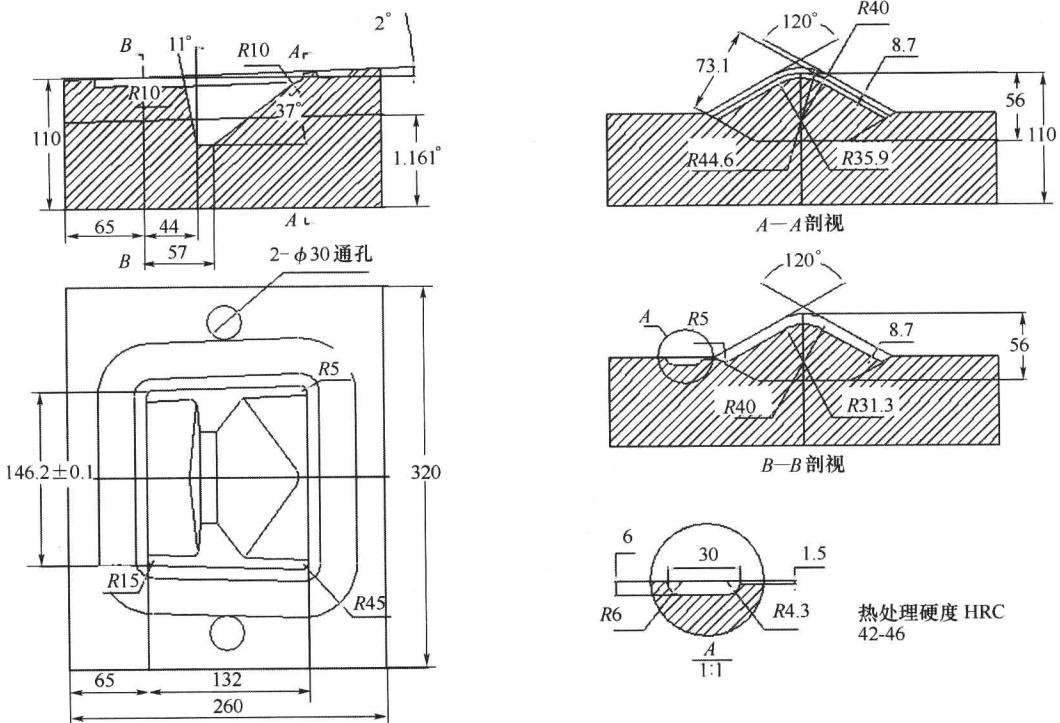


图 1-2

## 2. 图纸分析

根据图纸提供的 5 个视图想象出这个零件构成的空间形状。它是一个中间凹，二边有台，而且是一个约  $1^\circ$  的斜台，四周有一圈槽。根据图纸提供的零件名称“锻模”，我们可以分析出，这一圈槽是飞边(跑料)槽，真正的型腔是中间凹下去的部分，也是这个零件最核心的部分。图纸中确定零件形状的关键截面有 4 个：主视图的左端面、右端面和中间的  $B-B$ 、 $A-A$  截面。图纸中提供的最关键的尺寸是  $B-B$  截面尺寸和  $2^\circ$  尺寸，通过这些数据我们可以推算出其余三个截面，然后根据这 4 个截面来造型。利用给定的截面来做造型，首选的功能就是挤出实体、实体的布尔运算。中间 Z-56 最深处的形状是一个矩形，根据图纸提供的条件是可以做出的。它的四周是 4 个三种不同角度的斜面，这三个面也是可以做出的。



这一部分的形状我们可以考虑多曲面裁实体。这样我们这个造型的最主要部分都是用挤出实体和实体的布尔运算来完成的。四周 6mm 深的槽在本例中可能是一个难点，只在本例这一个范围内想办法，怎么做都很麻烦，因为这个槽的底面座落在多个面上，而且还有一个 1.5mm 的尺寸。这时可以利用实体的布尔运算，它可以使我们化难为易。根据图纸给的条件直接做一个凹槽很麻烦，但做一个跟凹槽形状一样的凸型却很容易。我们先做出凸型，然后再与已经做好的模型做一个布尔运算中差的运算，问题就解决了。

### 3. 造型思路

三维空间造型，目前大多数都是根据二维图纸来做的。所以如何很好地理解二维三视图是能否做出实体造型的第一步。俗话说“胸有成竹”，这和做绘画、雕塑等进行形象思维工作的特点一样。根据二维图纸首先在脑子里建立起要做的造型的空间形状，然后根据模型、二维图纸提供的数据和 CAD/CAM 软件提供的造型功能，确定用什么样的造型方法来做造型，这是我们在做三维造型时的一般思维规律。若在没有理解图纸的情况下着急去做造型，只能收到事倍功半的效果。若能够更进一步了解一下要做的零件的用途，使用方法等方面的情况，也会对正确理解图纸、做造型、避免错误的产生有很大的益处。

### 4. 造型方案

我们确定的造型方案分以下 6 个步骤进行：

(1) 做出 4 个截面。

(2) 根据左右两端的截面线做拉伸增料，得到整个造型的主体。

(3) 根据中间两个截面做拉伸除料，做出型腔中 8.7mm 部分。

(4) 根据 Z-56 深处的长方形和四周的斜度求出延伸到上面的截面，做拉伸除料，得到 Z-56 坑。

(5) 做出 6mm 深槽的凸形，与已经做好的模型做布尔运算。

(6) 按图倒各圆角。

### 5. 工艺分析

粗加工：曲面挖槽粗加工。

精加工：曲面平行精加工、曲面熔接精加工、曲面清角加工。

## 1.1 学习前预备知识准备

### 1.1.1 计算机辅助模具加工工艺

模具是现代工业生产中使用极为广泛的工艺装备，在某些产品(如塑料件)的批量化成形加工中，模具成形甚至是唯一的加工工艺。模具在成形工艺中对成形件尺寸、形状精度和内在质量具有重要作用<sup>[1]</sup>。用模具生产制件所表现出来的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗，是其他加工制造方法所不能比拟的。模具生产技术水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志，在很大程度上决定着产品的质量、效益和产品的开发能力<sup>[2]</sup>。

在模具制造中，每个零件都具有复杂性与特殊性，相互之间具有整体配合性，这给编制模具加工工艺带来了不同的要求，一份好的工艺编制文件，能影响生产成本与产品质量。

工艺编制的基本原则：

编制工艺的基本原则。根据企业的人力、物力基础和客户提供的数据或图纸的要求，尽快地编制切实可行的工艺文件，制造出高品质的产品，具有使用性。在这个基本原则构筑的框架中，快、好、省是核心内容，贯穿于编制的始终。

(1) “快”：它要求在最短的时间内编制出耗时最短的工艺文件，工作中要注意以下四点。

① 编程工艺员要做到熟知本单位的机床设备，技术水平，最好是操作过每一台机床，对加工十分了解，以适应模具零件复杂性与特殊性的要求，做到拿到一份图纸，能够很快地确定最佳加工流程，提高速度。

② 确定合理的最小加工余量。在上下工序，粗精工序之间，留出必要的加工余量，减少各工序的加工时间。

③ 由于模具零件多为单件、小批、工艺卡片不能像批量产品一般仔细详尽，但要力求一目了然，无有遗漏，关键工序要交待清楚加工注意事项，写出操作指导，以减少操作者的适应时间，减少加工失误。

④ 对于加工过程中需要的夹具、量具、辅助工具应当先行设计，提前做好准备。

(2) “好”：它要求工艺员能够编写出最合理、最佳的工艺文件，预防处理加工过程中出现的问题，它也是衡量一个工艺员是否优秀的标准之一。主要应注意以下几点。

① 合理的编排热处理工艺。模具产品的一个特点就是材料的机械性能，热处理要求十分严格，凸凹模、固定板等关键零件，在开始阶段要安排退火、改善加工性能，在进行淬火后，要进行时效，消除应力变形。

② 严格区分粗精加工工艺。一般地，粗、精工艺的划分由热处理工艺来决定，在最终热处理后的加工多为精加工。余量要尽量安排在粗加工阶段完成，以减少刀具的损耗和采用电加工的电极、电极丝损耗。

③ 要运用预处理工艺措施。对于一些中间去除材料较多的凹模，凸模固定板等零件，在精加工之前应采用单边留量 0.5 mm 左右，先加工出大致形腔，然后淬火时效，用精加工的方法，以消除加工内应力变形。对于一些薄壁零件，如卸料套，要预加工出一个加强工艺台，以防止加工夹持变形。

④ 适当地留出加工基准。在生产中常会遇见加工基准无法与设计基准重合的问题，这时候，就要预加工一个工艺基准，以便于各工序加工。对于级进模之类的高精度产品，还需要进行尺寸精度换算。

⑤ 要采用专业术语。在工艺文件中要充分运用大家熟知的专业术语和加工表达方法，清楚地传达加工意图，要避免如“加工到图纸”，“形状尺寸公差到要求”之类的模糊语言，要做到工艺与图纸有机结合，使当事人明白该干什么，该怎样干，这样也便于检测。

(3) “省”：就是要充分节约人力、物力、财力、提高单位生产效率。主要应注意以下几点：

① 运用机械加工工艺学和统筹学的观点，对于模具之类的单件，小批产品，要采用集中工序加工的原则，尽量安排在一台机床上加工，缩短工艺流程，这样可减少装夹、识图、计算等重复劳动时间，减少转序、交检的时间，提高生产效率。

② 对每台机床加工的工时定额有充分的估计，能快的尽量不采用慢的，能粗加工解决的，决不上精加工机床，这样也有利于保护机床的精度和使用期限，节约成本。

### 1.1.2 计算机辅助模具加工过程

模具型腔一般用数控铣的加工方法，通常包括粗加工、半精加工、精加工等工序。粗加工的原则就是尽最大可能高效率地去除多余的金属，因而希望选择大尺寸的刀具，但刀具尺寸过大，可能导致未加工体积的增多；半精加工的任务主要是去除粗加工遗留下来的台阶；精加工则主要保证零件的尺寸及表面质量。真正的决策权仍留给用户，以充分发挥计算机和人的优势。

MASTERCAM 可以创建必要的数据来驱动数控机床加工模具零件。通过软件提供的工具，使其遵循一系列的逻辑步骤从设计模型到 CL 数据的生成。这些 CL 数据文件经过后置处理后转换为数控机床能识别的数控代码，从而实现驱动数控机床加工模具零件。图 1-3 概括了计算机辅助模具加工过程。在模具加工之前，首先必须正确选择模腔的粗加工和精加工方法，为此要考虑如下问题：

(1) 仔细查看型腔的几何形状，考虑数控铣削可以加工的部位，确定凸模和凹模是否可以采用数控铣削的方法完成从粗加工到精加工的操作。是否还需要采用其他方法来进行型腔的加工。

(2) 考虑模型加工所用刀具的最小半径及型腔模型的深度，以及凹凸模腔是否较深，或者这个深度采用铣削加工比较困难，从而判断出刀具的刀杆伸出刀柄的长度是否满足型腔的深度。

(3) 确定粗加工和半精加工的方法。粗加工方法的选择原则首先要考虑加工的效率，即在最短的时间内完成模具中大部分多余材料的切除。一般来说，采用传统的加工方法进行粗加工其效率要比高速切削方法优化，因为高速加工比较适合于模腔的精加工，或者是对有色金属的粗加工是比较适合。

(4) 在模具制造中应当重视型腔毛坯基准的加工。模具的模板必须具备较好的基准面，无论是对模具零件的粗加工和精加工，还是模具的装配，基准面对保证模腔的加工精度有非常重要的作用。在事实加工中，不可能在一次装夹定位下完成所有的加工项目，从工艺上安排，也需要在不同的机床上进行粗加工和精加工，这时毛坯的基准对加工的精度将有直接的影响。

(5) 在模具的加工中应尽量采用数控加工的手段完成模腔的精加工或超精加工，尽可能减少模腔的手工操作的工作量。

(6) 对模腔的较大面积或形状较有规律的型面应尽可能采用机床加工的方法加工到位，这是因为这些较大的面粗糙度较大，抛光的量较大，极有可能导致型面的平滑性差。另外，模腔中的一些较长或较直的拐角或边线，应采用机加工方法将这些区域加工到位，

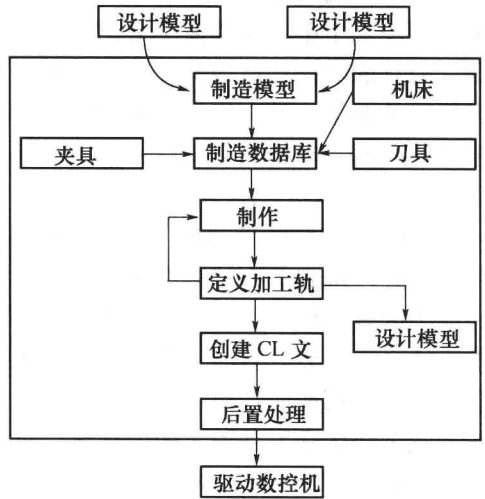


图 1-3 计算机辅助模具加工过程

这些部位手工加工很难保证平滑和挺直的效果。

(7) 残料加工一般应用于模腔的半精加工和精加工。残料加工可以采取合理的刀具加工轨迹加工模腔拐角和根部的不均匀残留加工余量,因此残料加工在半精加工中应用更为合适。

(8) 加工模腔的一般策略是粗加工、半精加工和精加工,现代模具制造技术中,在精加工之后可能安排超精加工,即采用高速加工进行型腔的精加工。

(9) 在模腔的粗加工中,一般选择镶片圆角铣刀或镶片平端铣刀;半精加工中应尽可能采用镶片圆角铣刀;精加工中如果型面形状呈单方向凸形,也应当首选圆角铣刀。此外,模具型腔加工中,应当避免采用一把刀具完成全部型腔的加工,特别是对于较大尺寸的型面,刀具的磨损会造成加工表面的余量不均。正确的做法是由大到小地选用刀具,保持型面加工的余量一致。直径较大的刀具在同样的加工步距下,加工残留高度较小。同样对于模腔的型面,在精加工中首先加工曲率半径较大的凹形面,最后采用最小直径的刀具加工曲率半径最小的凹形型面。

(10) 在模腔的精加工中,如果型面较大,而在加工的中途由于刀具的磨损必须更换刀片或刀具,最好的办法是在加工之前,根据刀片的耐磨能力和型腔的自然几何形状将刀具的加工区域划分,即在加工中进行主动换刀,由此可以避免刀具在完整型面加工中途因磨损而被迫换刀造成的加工接痕。应用现代 CAD/CAM 软件进行加工编程,软件系统一般会将型面上的曲面片组合进行加工,这样做虽然是节省了编程的时间和操作的步骤,但可能造成无法优选刀具加工面的状况,对有些型面几何形状,甚至刀具是在不利于切削的状况下进行工作。

## 1.2 学习任务实施

### 1.2.1 锻模造型


#### 1. 做截面

(1) 确定坐标原点。确定了造型的坐标零点,也就是确定了工件加工时的坐标零点。确定坐标零点没有一成不变的原则,主要根据以下二点:

① 二维图上标注的基点。任意的确定坐标零点会产生过多的数据换算,容易产生不必要的错误。

② 加工时方便找正。

本例坐标零点定在截面  $B-B$   $R40$  圆弧的中点,如图 1-4 所示。

(2) 在桌面上单击 。启动 MASTERCAMX3,进入初始画面。

(3) 作出工件底部的矩形  $260 \times 320$ 。

① 把绘图区下面的【3D】→【2D】,绘图的  $Z$  深度由 0 改为 -110,视角为俯视图;WCS 为俯视图,绘图平面为俯视图。如图 1-5 所示。

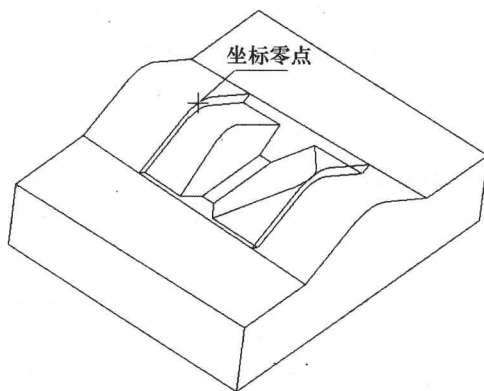


图 1-4 原点设定

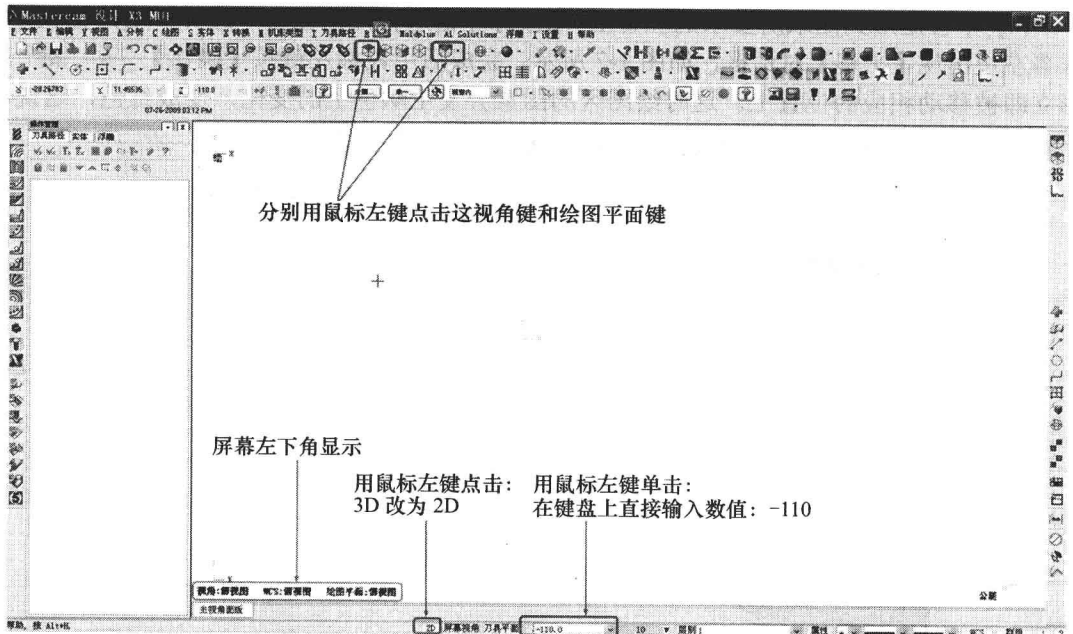




图 1-5 3D 转 2D 绘图

② 用鼠标单击工具栏中的“矩形”按钮  屏幕出现矩形对话框。选择矩形中心确定位置，在宽度和高度栏中分别填入 260 和 320。用鼠标左键在选择坐标系中心，最好在按下确定按钮。如图 1-6 所示，如果确定按钮按下后绘图区没有出现矩形，则在按下屏幕适度画  按钮即可。

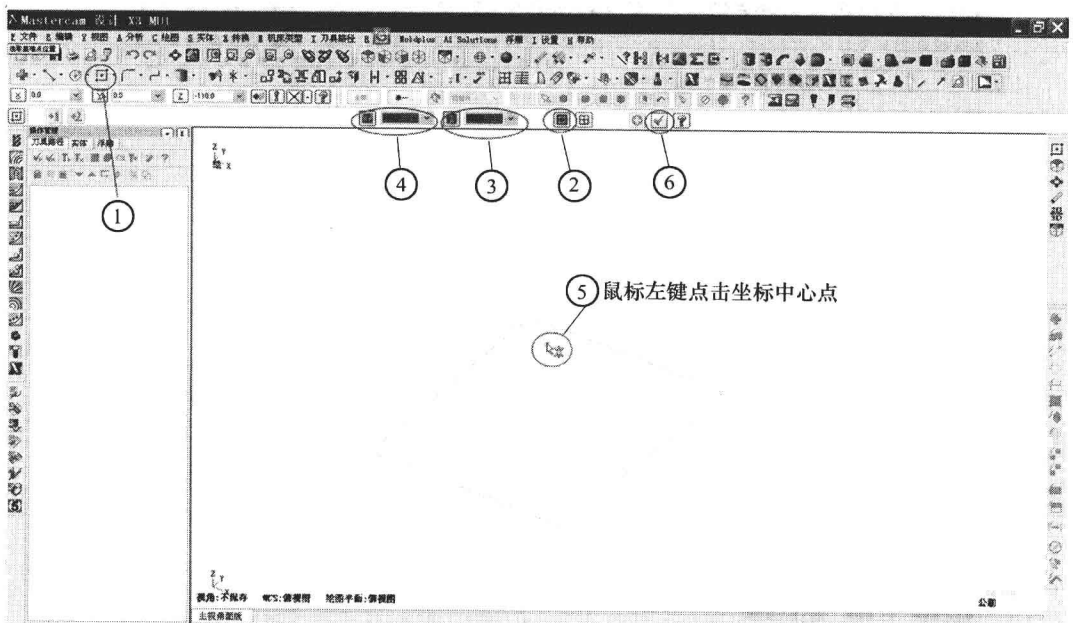





图 1-6 绘制矩形

(4) 平移矩形到图纸所要求的位置上。用鼠标左键选择几何图素→选择“平移”按钮，屏幕左边出现【平移】对话框，如图 1-7 所示。完成后用鼠标左键按【确认】键，矩形立即被移动到相应的位置上。这时绘图区的图素会发生颜色上的变化，变成红色，这说明平移完成。要恢复图素原始的颜色，可以按【清除颜色】键。

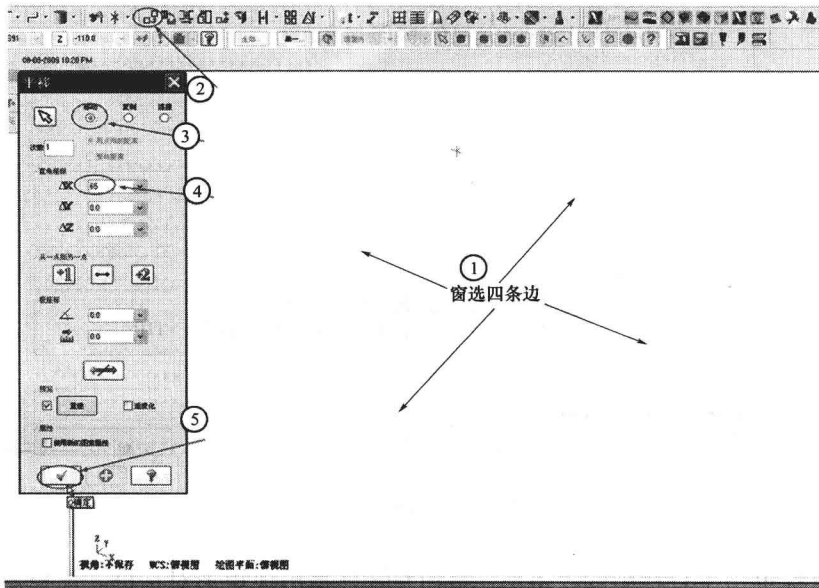




图 1-7 平移矩形

(5) 根据图纸做出截面  $B-B$  内的图形。截面  $B-B$  就是坐标系中的  $YOZ$  截面。按键切换到  $YOZ$  平面，按键切换到  $YOZ$  视图平面，将  $Z$  深度值改为“0”，如图 1-8 所示。

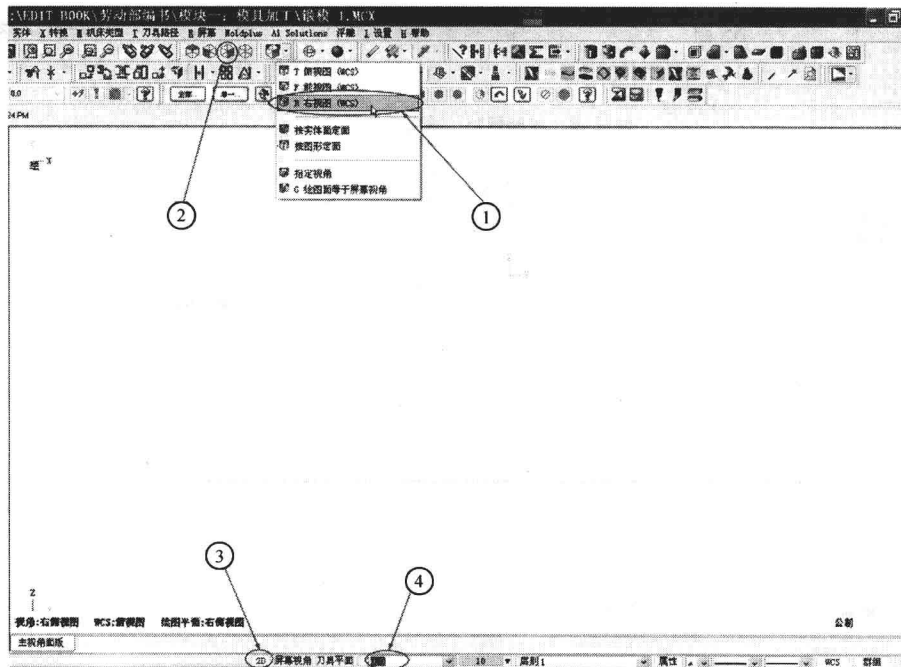


图 1-8 切换绘图平面到  $YOZ$  平面

作两条互相垂直的直线，长度任意，为作其他线做准备。单击线生成工具栏中的【任意直线】按钮，屏幕图标栏下方出现对话框，选【水平】按钮→→在绘图区中坐标系左右两边各任意选择一点→单击绘出水平线，如图 1-9 所示。

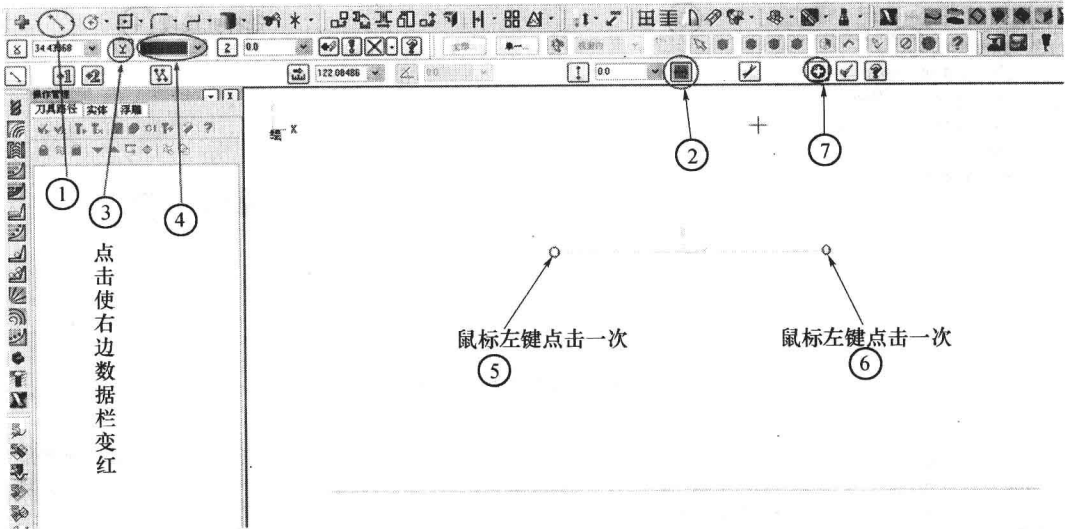



图 1-9 绘制水平线

(6) 接下来绘制垂直线。取消绘制水平线按键和 Y 轴坐标值固定，激活垂直线绘制和 X 轴坐标值固定，在绘图区中坐标系上下各任意选择一点→单击绘出垂直线，如图 1-10 所示。

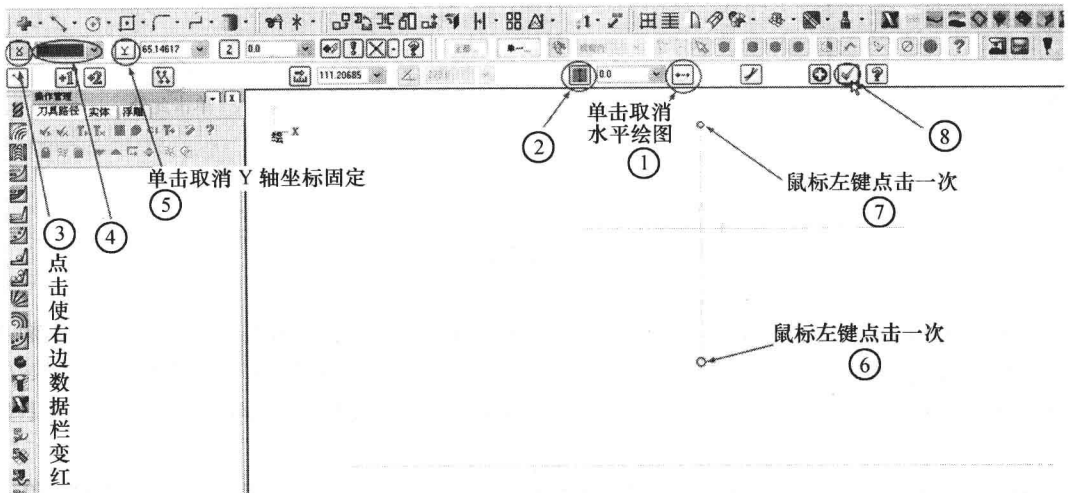


图 1-10 绘制垂直线

(7) 作出  $R40$  圆弧的中心和 Z-56 直线。构图平面仍然是 YOZ 面。单击【绘制直线】→【绘制平行线】，在“距离”中输入 40，在屏幕中拾取过零点的水平线，选择水平线的方向为偏置方向，第一条等距线作出，这条等距线和铅垂线的交点，就是  $R40$  圆弧的中心。同样方法再作出另一条等距离为 56 的等线。如图 1-11 和图 1-12 所示。

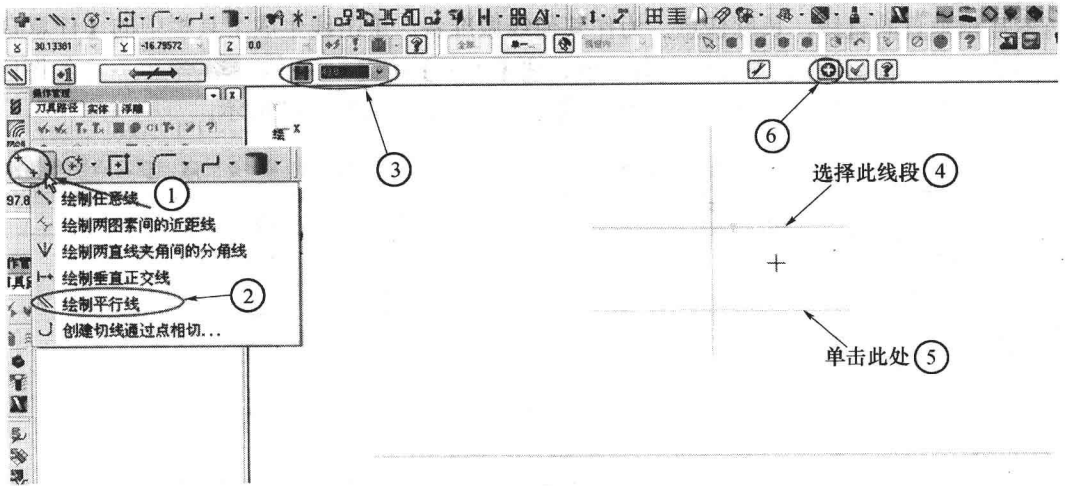


图 1-11 绘制等距线—1

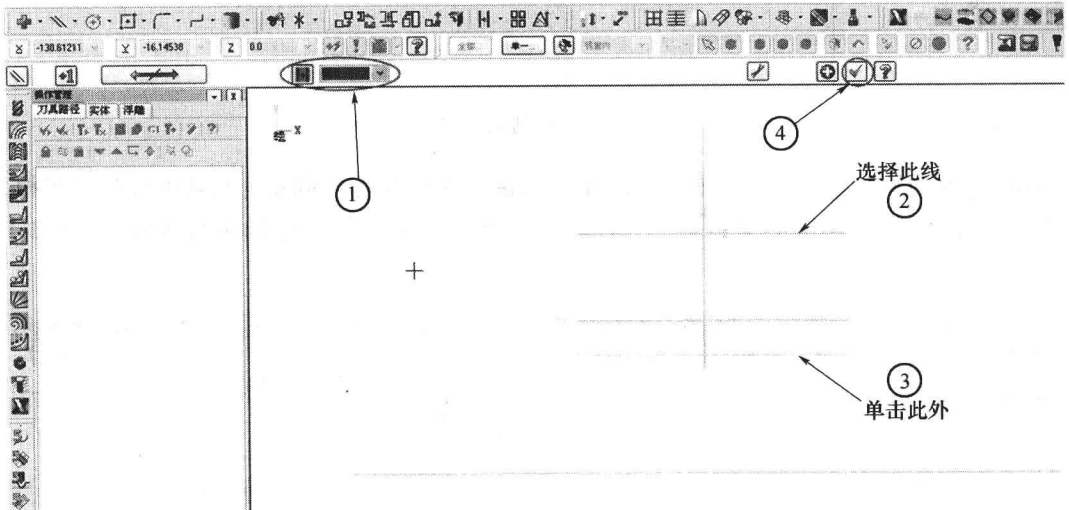
























图 1-12 绘制等距线—2

(8) 作  $R40$  圆。单击圆生成工具栏中的画圆按钮 ，在绘圆对话框中【半径】输入 40，把鼠标移到等距 40 和铅垂线交点处，当这一点被点亮时，用鼠标点取这一点，这就是  $R40$  圆的圆心点，可以看屏幕上有一个圆，这时用鼠标点选 ， $R40$  圆完成，如图 1-13 所示。

(9) 下面作  $R40$  圆的两条切线。两条切线与坐标轴的夹角分别为  $30^\circ$  和  $-30^\circ$ 。单击工具栏中的【绘制直线】按钮 ，屏幕出现对话框。选择           鼠标选择圆的右上部分，绘制 40 圆的右边切线。选择           鼠标选择圆的左上部分，绘制 40 圆的左边切线，选择 。绘制切线完毕，如图 1-14 所示。



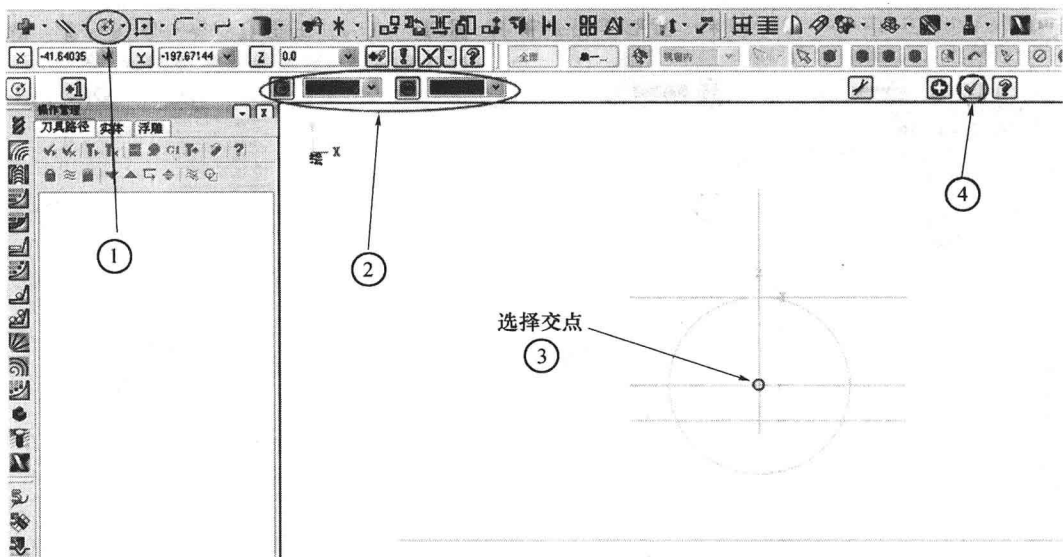


图 1-13 绘制圆弧

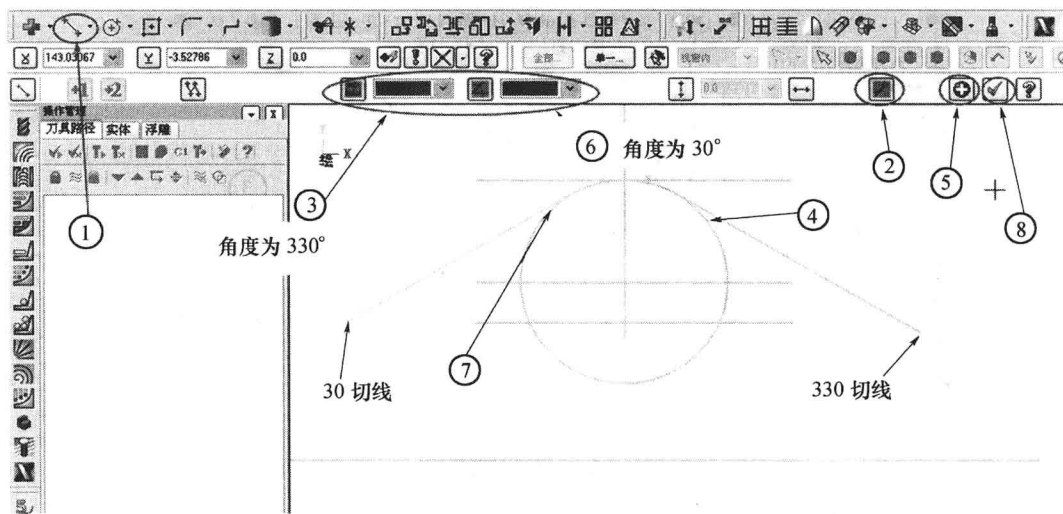





图 1-14 绘制圆的切线

(10) 作两条切线的平行线。单击【绘制直线】→【绘制平行线】，在“距离”中键入 73.1，在屏幕中拾取 330°的斜线，选择斜线的下向为偏置方向，第一条等距线作出。用相同的方法作出第二条平行线，如图 1-15 所示。

(11) 对已经作完的线进行裁剪，达到图纸要求的形状。单击曲线编辑工具栏中的【曲线修剪】按钮，屏幕出现【曲线修剪】对话框，选按钮。根据图 1-16 所示的数字顺序进行修剪曲线，用同样的方法如图 1-17 和图 1-18 所示继续修剪曲线。在将多余曲线被裁剪掉后按按钮，结果如图 1-19 所示。