

第三章 初步认识金属雕刻过程

教学提示：

本章主要是从一个简单的实例入手，进行**模具特点分析——去料区域分析——抄图——简单的工艺规划——了解开粗和精修的工序——讲解基本参数**（直接使用高级方案，重点讲解：**雕刻深度、吃刀深度、重叠率、路径间距、走刀方式**），重点介绍金属雕刻的加工工艺。使模具行业的学员初步掌握如何进行金属模具的设计和工艺规划。

通过这一部分内容的讲解应为学员建立起基本的、规范的金属雕刻方法：

- 使用 **2mm** 的刀具进行开粗加工。
- 使用多把刀具按照清角方式进行精修加工。

金属雕刻是 CNC 雕刻机应用最主要的领域之一，精雕机在高频模、滴塑模、烫金模、紫铜电极、五金冲模、压花辊轮、精密冲头等行业和产品上有出色的发挥。

高频模是精雕机应用于金属加工十分具有代表性的产品，雕刻高频模使用的工艺方法是精雕机雕刻金属的最基本方法。学习高频模的雕刻应该是模具业客户培训的基本课程，本章及第四章、第五章、第六章、第七章都是围绕着高频模的雕刻进行讲解的。

通过本章的学习，使学员掌握以下内容：



- 1、能有意识地进行产品特点 and 加工要求的分析。
- 2、能熟练地进行抄图。
- 3、能有意识地对雕刻工艺进行分解、分析和规划，初步建立高频模及金属加工的基本思路。
- 4、能按照教师给定的参数值进行刀具路径的设置。

教学过程：

先对模具进行基本的加工工艺分析；

然后进行抄图；

抄图完成后，填路径，在填路径之前对高频模的特点及加工要求进行讲解；

加工模拟；

最后是加工（第四章讲解）。

3.1 高频模的特点及产品加工要求

教学目的：

本节通过分析高频模具的形态特点和产品特点引出雕刻加工的具体要求。

教学重点：

- 1、介绍高频模的使用领域及特点；
- 2、讲解高频模的分类；
- 3、重点讲解高频模的加工要求，提出加工难点及其保证方法。

本节的教学主要依赖于样品，在教学前应准备一套加工好的高频模和压制的成品，应通过不断地对样品的讲解，让学员明白这种图案转移型的模具的凹凸起伏是如何形成的。

在讲课中板书和讲解相结合，要把本节中的大小标题作为板书的标题让学员记笔记、把讲授结论同样让学员记笔记，教师的讲解重点放在中间内容上。

3.1.1 高频模的使用领域

高频模是一种热压成型模具，用于制鞋、箱包、服装等行业，压制皮革上的图案。在实际使用中，将模具安装在超声波高频机上，通过热压成型的方式将模具的图形翻印到皮革上，模具与成品的图形形态相反。图 3-1、图 3-2 是二套高频模具和压制出的成品图：

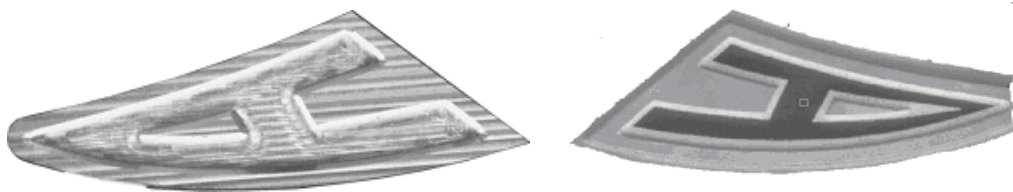


图 3-1

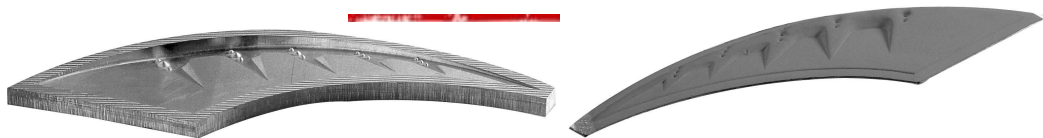


图 3-2

高频模具主要用法为：

- 平面图案的定型——平面高频模具；
- 曲面形体定型——曲面高频模具和阴阳合壁的高频模具；
- 热切下料——带有刃口直接下料。

3.1.2 高频模印制产品的特点

（准备好一些高频模压制出的实物，让学员说出这些实物有什么特点）
高频模压制的皮革特点为：

- 具有较好的立体形态，主要表现为材料上的凹凸形态，通俗的称为“起鼓”。
- 具有棱角清晰的文字和图案，尤其是用于压制生产厂家的商标文字，要求就更高。

3.1.3 高频模具的分类

教师在讲解高频模分类时要拿出一些不同类型的高频模具，让学员比较一下每种模具的不同之处。

高频模分为单模和上下模两大类：

1、单模

单模又分为一般单模（不带刀口线，以下所讲单模为此类单模）和热切模（带刀口线）两类。

单模用于加工皮料、革料等比较厚的材料，这种材料不易切断，需要专用的刀模切出外形。单模一般带有外形压痕线，其作用是在材料上压出外形线以便于用刀模切断材料时对齐位置，如果所给的材料是已经切好外形的材料，在雕刻这种高频模时可以不要外形压痕线。外形压痕线的要求为：宽窄均匀，高度一般为 0.5mm，宽度为 0.8mm 至 1.0mm。

热切模用于加工一些比较薄、易切断的材料，如薄塑料。热切模上要有刀口线，其作用为切断材料。刀口线的要求为：宽窄均匀，高度一般为 0.5mm，宽度一般为 0.2mm。

由上面的说明我们可以绘制出单模的结构图（如图 1-1 所示）。

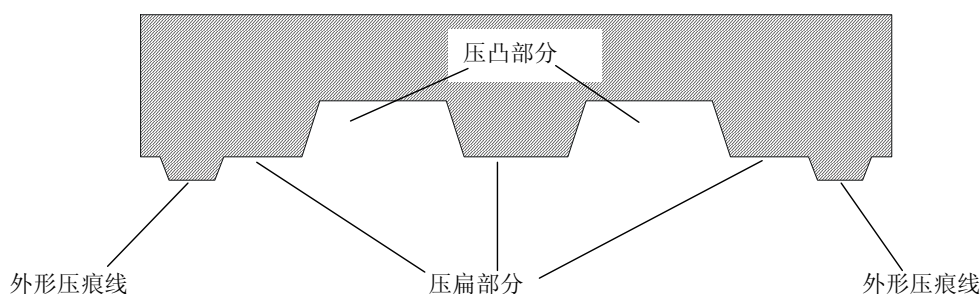


图 1-1

高频模雕刻深度根据加工材料的不同而有所改变，如果所加工材料受热加压情况下膨胀性好，雕刻深度要更深一些，如果所加工材料的膨胀性一般，则雕刻深度可以浅一些，对于大多数单模，深度都为 2mm，对于不常用的材料要通过试模来决定要雕刻的深度，超过 3mm 或对棱角要求较高时就要设计为上下模了。

2、上下模（凹凸模）

上下模一般用于加工皮革类膨胀性不太好的材料，这类材料直接用单模加工出的产品立体感不强且不易做到棱角分明。要求加工出的产品棱角分明或深度超过 3mm（不算压痕线部分）的模具要设计为上下模。

这种模具形态多为曲面。

3.1.4 高频模的加工要求

上述产品形态是通过高频模具热压实现的，为满足成品形态要求，应从下面几个方面对模具加工进行控制。在实际教学中，当讲述下述内容时应使用样品，通过样品给学员留下直观的印象。

1、加工面积和加工深度

由高频模具压制到皮革表面的凸凹立体形态，一一对应于模具上的雕刻区域，这些区域的边界是压在皮革上的花纹或文字，为使皮革表面形态丰富、饱满，就要求对应雕刻区域的深度较深、图形面积较大。

在高频模的加工中一般要雕刻的图形占毛坯料的 60%、雕刻深度为 2mm，也就是说压制的皮革凹凸形态高度差最大可达 2mm，一些名牌厂家由于使用的皮革质量好，为使皮革上图案形态更为饱满，采用阴阳模的方式，确保压制的凹凸形态能有 3mm 的高度。

结论：上述加工要求使得高频模加工深度较深（2—3mm）、加工面积较大（占毛坯料的 60% 以上）、加工材料去除量较大。

2、加工表面效果

高频模是直接用来压制皮革的，尤其是模具上的凸起区域是直接与皮革表面接触，这种加工方法要求模具凸起区域表面必须光滑，否则，就会将刀纹压在皮革的表面上。

对于那些阴阳高频模，不但高频模上凸起的区域加工底面的粗糙度要低，而且凹下去的区域粗糙度也要低，这样才能保证在压制时不会将刀纹留在皮革的表面上。

结论：高频模对雕刻加工表面的光洁度要求较高，不能有明显的刀痕，表面粗糙度应在 $3.2\mu\text{m}$ 以下。

3、边角效果

在皮革上压制文字和图案是使用高频模具的最原始和最核心的要求，要求压制的成品文字图案“边缘清晰、棱角分明、图形饱满”，这就要求模具边角的清晰度要好，文字和图形的边角雕刻深度尽可能深，一些名牌产品要求高频模的文字和图案的加工是“边角到底（即深度在 2mm ）”。在这种加工要求下，决定了高频模精修的加工量同样是比较大。事实上高频模具真正的加工量集中在精修加工。

结论：高频模加工的难度主要集中在“边角”，“边角”的加工要求是尽可能的“深”。

4、尺寸精度控制

高频模具是用于鞋材加工中的一道定型工序，许多时候是与丝印图案配合套裁的，有一定的尺寸精度要求，但是，当前大部分客户在加工中是通过将皮革实物翻样设计后加工成高频模具，事实上这个设计基础就有问题，导致翻制成品的精度十分低，尺寸精度在 0.1mm 以上，这就要求操作者在高频模加工中有校正精度的意识，否则加工出的产品就是错的。

结论：加工精度的实现必须在正确的基础上进行，在错误的基础上进行加工不可能干出高精度的产品

5、加工效率

高频模具目前在精雕机的加工业务中已经成为附加值较低的产品，客户获利完全靠批量，单件利润极低，因此，加工速度是目前大部分客户十分关注的问题。

工业产品生产的两个重要的验收标准是成品的合格率和加工效率，要使这两项指标达到满意，要靠合理的工艺。上述原则对于精雕机的使用也不例外，精雕机的加工工艺是由专业软件的专业功能来实现的，学会并掌握这些专业功能，才能保证一个较高成品率，这样的加工速度才具备实际意义。

结论：在高频模的加工中只有合理地利用 JDPaint 中的加工工艺，才能保证较好的成品率；在较好的成品率的前提下，才能称得上较高的加工速度。

在今后的教学中要培养学员对产品的分析习惯，分析中要量化指标，具体的分析内容有：

● 形体特点分析

形体特点分析决定着设计应采用的方法，决定着用何种构造方法（平面或曲面）来正确地实现产品形体的要求，决定着如何去利用设计图形规划雕刻区域！

● 加工难点分析

产品的分析中要点出加工难点，这样可以让学员的学习目标相对集中，从而提高学习效率。

● 加工精度分析

加工精度的分析是要让学员建立产品精度体系的概念，尤其是要让学员意识到：在当前精雕客户翻样加工方式下，测量尺寸时要考虑其他工艺过程，不然干出的活就是废品。

● 加工量分析

通过加工量的分析让学员建立工艺配套的意识，判定有些加工过程是否值得在精雕机上干。

● 加工效率分析

通过加工效率分析为学员建立一个学习目标：这个活必须在教师讲的时间内干完，否则出去干活就拿不到工资。要想在这个指定的时间内干出合格产品必须使用合理的工艺。

3.2 抄 图

教学目的：

本节从产品的形体特点着手，使学员掌握抄图的方法、节点编辑和图形编辑功能。

教学重点：

- 1、讲解为什么要抄图及其注意事项；
- 2、讲解抄图的具体方法及其过程。

本节以图 3-3 为例，主要依靠教师在电脑上操作，让学员学着进行操作，对于抄图过程中应注意的一些问题，教师应着重讲解，要求学员做好笔记。

3.2.1 对抄图的认识

上一节，我们看了几个高频模具，那么这些高频模的图形数据是如何被搬到电脑中去的呢？我们雕刻高频模中第一步要做什么工作呢？



1、为什么要抄图

在平面雕刻加工业务中，大部分精雕机客户根本不做原创设计工作，他们的主要工作方式是“仿形设计”（按上游客户提供的原型绘图）——为 CNC 雕刻机的雕刻加工提供设计数据。“仿形设计”就是雕刻设计的工作方式！这个认识的确定，实际上明确了操作员使用 JDPaint 的目的之一 —— **抄图**！

抄图是一种“依样画葫芦”的雕刻设计工作方式，在很多行业中，抄图这一过程是必不可少的，由于客户的产品形态复杂且多为翻样，无精确数据可循，因此我们只能通过抄图的方法得到雕刻设计数据。

2、抄图有什么要求

抄图是非常重要的一个环节，它是整个模具设计的基础，是用多种手段获取雕刻数据的过程，要求操作者：

（1）效率高

由于有些模具形态复杂，抄图相对其它雕刻过程工作量较大，因此要求抄图者必须熟练、快速、简洁，不要在抄图上占太多的时间。

（2）要尽可能地准确

通过抄图所得到的雕刻设计图形是我们进行雕刻的基础，必须符合客户的尺寸要求，否则以后其它步骤都是“白干”。

（3）有对图形修正的意识

由于在扫描过程中实物放置不平造成扫描误差，或由于图像不清晰有阴影，因此在描好图之后还要用卡尺测量实物上一些关键部位的尺寸，再对图形做相应修改。

很多学员在学习时没意识到以上三点，忽略了对抄图的练习，以至于毕业后抄图能力很差，效果达不到要求而致使模具刻废掉。因此在这里培训教师一定要反复强调抄图的重要性，使学员一开始学习就形成“精度”意识。



有一点，培训教师一定要让学员清楚：由于抄图这种方式本身的局限性，它只适合尺寸要求不是很严格的模具，若有些客户要求模具与产品形态“一模一样”，那么这种抄图的方式是不足取的。

3.2.2 如何抄图

我们现在已经明确了“抄图”是得到雕刻数据最主要的方法，那么如何抄图呢？

1、制定提取雕刻设计数据的方案，提取设计数据

事实上这一步是对上一章“雕刻意识”中讲到的进行雕刻草稿设计的细化，上一章中只是为大家建立一个基本意识，这里做一个稍详细的展开。

操作员在今后的工作中可能面临的问题是：当一个雕刻业务交给你时，如何把它输入到计算机中，也就是如何把那些准备雕刻的区域的边界绘制到计算机中！这里可能有四种情况及相应的方法：

- ① 当客户拿来的是实物，通过平面扫描仪获取基本的图像数据，然后利用矢量化或抄图方式生成雕刻设计图。
- ② 若客户拿来的实物几何特征明显，操作者手边有一定的测量工具、并有准确熟练的测量技能，可通过测量获取实物的大小尺寸和形态数据，然后按照测绘数据绘出雕刻图。
- ③ 若客户带来的是精确的设计图纸，此时操作者就可按图纸要求直接绘制图形。
- ④ 若客户拿来的是使用计算机设计的原始数据，此时操作者的工作就简单多了，下面的工作只需进行雕刻区域的规划和加工工艺的规划。

在上述四种情况中，第一种情况是通过抄图产生的雕刻设计数据的精度相对较低，但对操作员的要求相对较低，而实际应用最广；第二种情况通过测绘产生的雕刻设计数据绘制的具有一定的精度，但对操作员的能力要求较高；第三种是较为理想的设计方法，但在有些区域的客户处是做不到的。第四种是一种较为合理的分工配套方法，设计归设计、加工归加工，其优势是雕刻加工工艺准备期短、雕刻设计数据的精度高、对加工操作员的绘图能力要求低、加工成品精度高，但这种方式在大部分客户处是做不到的。

2、根据图形元素设计绘图方案

当前 CNC 雕刻的产品大部分是以工业化设计手段实现的，更多是由计算机辅助设计软件完成的！这些产品的形态在设计上是具有一定的规则，如具有对称性、规律性、重复性和可计算性等（这是计算机辅助设计的特点），这样在开始设计时，操作员应对图形做一个大致分析，提取各种图形元素的编排基本规律，做一个设计方案（尤其是进行复杂设计时，这步十分必要），这样在绘图时利用 JDPaint 的图形编辑功能可做到事半功倍的效果！

这一步应在今后教学中多强调，这样也可强化操作员的分析问题的能力。

3、利用绘图功能绘制基本图形元素

当绘图方案确定后,开始着手利用绘图功能绘制图形,在前面的相关章节中反复强调过 JDPaint 是为精雕机(数控设备)的工作生成加工程序的,无论针对何种行业,应先为学习者建立精确的数据概念,否则,操作员就很难保证加工的成品能满足客户精度的要求。

数据和精度概念的建立是在绘图的学习过程中逐步完成的,而且最为关键的问题是要养成精确绘图的习惯,这就要求培训教员要从思路 and 习惯上改变过去的绘图教学方法!

4、利用编辑功能修图

当基本图形绘制完成后,这就要修剪图形,要使设计图符合原始要求。绘图必须要修图,修图的过程就是图形编辑,没有修图的过程也就不能实现绘图!(这一点一定要向学习者讲明白!)修图的工作需要想象力的,这种想象力包括两方面的含义:一是对图形的构成的想象力;另一方面是对修图工具(编辑命令)的功能要有想象力,进一步说这就要求操作员对 JDPaint 的图形和功能要有深层的理解力!

5、按照雕刻区域的思路重新规划设计图

绘图的目的是雕刻,当基本图形绘制完成后应重新规划区域边界,这样才可以使雕刻能按要求进行。

3.2.3 抄图应用实例

我们要按照抄图的基本思路,在抄图之前,一定要先对图形有一个整体的规划,以便能简洁、快速地得到模具的雕刻设计图形。

本节中所举的例子图 3-3 是一个比较简单的单层单模,通过观察,我们可以知道:

三个环形和五角星可以通过绘制圆角矩形和星形得到。

字母“duodle”可以用文字编辑工具写入。

其余图形用抄图方法得到。

除轮廓外,所有已得到的图形通过“区域等矩”命令得到外圈图形。

将所有图形镜像即可得到模具的雕刻图形。

下面我们就详细讲解一下抄图的完整过程:

1、扫描图像

- ① 确认扫描仪的 USB 线已连接,扫描仪电源已打开。
- ② 将需扫描的实物放入扫描仪中。
- ③ 调用“文件-扫描图像”功能,扫描出实物的平面图。
- ④ 利用“专业功能-图像处理-旋转”,将图像转正。如图 3-3 所示。

2、绘制圆角矩形和五角星

- ① 用鼠标单击“绘制-矩形-圆角矩形”,分别绘制出三个圆角矩形,圆角半径手动调整为矩形宽度的一半。
- ② 绘制五角星,手动调整五角星尺寸和图像中的五角星尺寸一致。

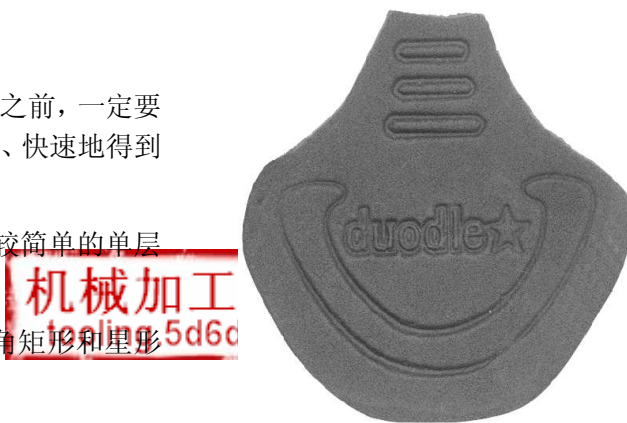


图 3-3

③ 写入文字。进入“文字编辑”状态下输入“duodle”，字体为“华文细黑”，调整文字大小和间距。

、抄图

其余图形我们采用“**直线勾描法**”得到，就是沿着图像轮廓勾画出直线段来，再将直线转为曲线或圆弧，这种方法的特点就是速度快，并且描出的图形不易自交。

- ① 将图象放大，选择合适的点，用“绘制-多义线-直线”工具勾勒出轮廓来，若感觉上一步确定的点的位置不是很理想，就使用“取消一步”，把上一个点取消掉，再继续绘制。如图 3-4 所示：
- ② (由培训教师勾画出直线来)进入“节点编辑”状态下，选中所有节点，转为曲线。然后用鼠标拖动节点的控制点，控制点的位置要选择的合适，使曲线的变动正好与图象的轮廓吻合。

抄图的练习过程实际上也是“节点编辑”命令的学习过程，要描出高质量的图形就要熟练掌握“节点编辑”这个工具，其中几乎所有的命令都是我们以后进行图形编辑时常用的，所以要求学员熟练掌握，在保证精确抄图的前提下，节点越少越好，并且每个节点为光滑连接方式，这样才能使线条光滑无折。

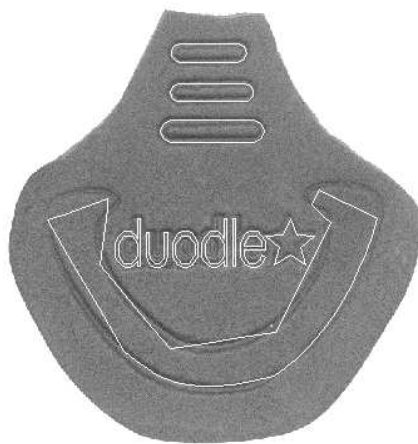


图 3-4

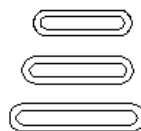


图 3-5



对于圆、椭圆、矩形、星形、多边形等规则图形，不能用这种直线勾描法进行抄图，必须按照绘制的方法得到。

4、图形编辑

- ① 选择文字和五角星集合，再用“区域等距”命令向外偏移 0.8mm。
- ② 其余除轮廓外的所有图形用“区域等距”命令向外偏移 1.6mm。
- ③ 选中所有对象，单击“变换-镜像”，竖直镜像。

至此，我们就完成了从扫描实物到得到完整图形的所有抄图过程，如图 3-5 所示。



我们在抄图时，很多时候要用到“区域等距”、“单线等距”、“单线膨胀”、“区域焊接”等图形编辑命令，图形编辑这部分内容，培训教师可以选择几个重点及难点命令进行重点讲解，其余命令让学员结合练习学习，在本教材中我们就不单独设章节对其进行讲解。

练习

对于本节抄图内容的学习应以练习为主，并融入图形编辑，强化学员的动手能力和对模具的分析、分解能力。

教师为学员准备好下面几个模具或实物的图像，指导学员描出图形。



图 3-6

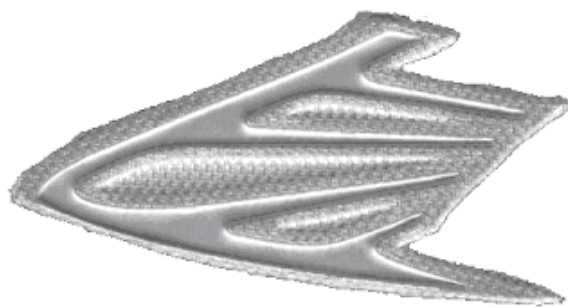


图 3-7

3.3 高频模雕刻工艺分析

教学目的:

本节以分析不同的材料区为引子，引出高频模、金属加工的基本工艺方法：开粗加工和精修加工。

教学重点:

- 1、简单介绍雕刻材料的特点；
- 2、重点讲解雕刻加工工艺的分析方法；
- 3、讲解金属加工的基本思路。



本节的教学同样依赖于样品，在教学前应准备一套加工好的高频模，应通过不断地对样品的讲解，让学员明白加工材料区不同造成加工方法不同的原因。

在讲课中板书和讲解相结合，要把本节中的大小标题作为板书的标题让学员记笔记、把讲授结论同样让学员记笔记，教师的讲解重点放在中间内容上。

3.3.1 雕刻材料分析

从我们平时所见到的这些高频模具就可以看出来，高频模主要使用的材料为 59 号铜，为什么用这种铜呢？因为这种铜具有较好的可雕刻性，断屑容易、不粘刀，而且也不会出现加工中的材料破损，并能承受较大的压力。

59 号铜实际上是一种十分适合于雕刻机使用的材料，用途较为广泛，在精雕机的应用较为对口的行业和产品中，如滴塑模具、烫金模具、印章、印刷字头等，均使用 59 号铜为加工材料。

3.3.2 雕刻工艺分析

在这里我们以图 3-8 为例，讲解一下雕刻工艺的分析过程。

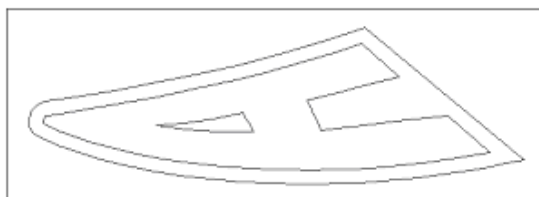


图 3-8

1、 雕刻区域分类

在上一章中，我们已经对区域有了一定的认识，我们知道在雕刻过程中，设计和加工是围绕着不同的区域进行的。那么区域是如何分类的呢？

按照“雕刻就是去除材料”的原则进行分析，首先确定高频模加工要去除的材料类型。高频模雕刻中去除的材料可分为两大类，一类是“大面积”材料区，形成皮革的凹凸形态的区域；另一类是“边角”材料区，保证压制在皮革上文字和图案棱角分明、字形饱满。

这种分类方法是基于加工面积的，是为了让学员理解雕刻工艺的目的性。对于不同的区域加工面积不一样、加工时间不一样，而加工工艺也是不一样。下面给出一组加工高频模的统计数据，如表 3-1 所示。

表 3-1 雕刻区域与加工时间对比表

	“大面积”材料区	“边角”材料区
与整体图形面积相比 (%)	85 以上	15 以下
与整体加工加工时间相比 (%)	35 左右	65 左右

上述统计数据在教学、在向客户介绍时要讲！让学员、让准备购机者明白加工的难度在哪里，要让学员、让购机者把理解的重点放在“难度”的解决方法上，这样让操作者理解为什么在边角加工时必须按规矩进行，让购机者有意识地关心“边角”的加工方法。

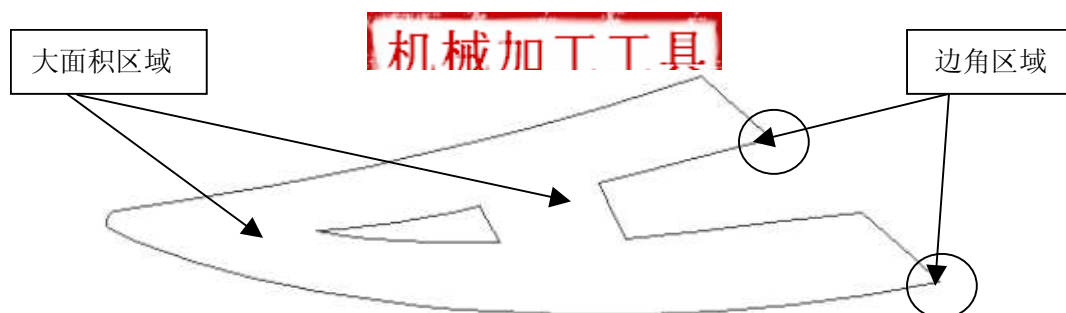


图 3-9

我们仔细观察本例中要刻深下去的图形部分，它既有比较宽阔的大区域，还有边角区域，如图 3-9 所示。分清了“大面积区域”和“边角区域”，我们就可以制定雕刻方案了。

2、 制定雕刻方案

根据上面对加工面积的分析，我们可以形成这样的雕刻方案：

- “大面积”区域的加工——开粗加工
- “边角”区域的加工——精修加工

下面我们就介绍一下这种“开粗”和“精修”的工艺方法。

(1) 开粗加工

CNC 雕刻的对象是一些文字和图案，其基本形态特点是小区域，这里谈到的“大面积”是与刀具的直径相对而言的，所谓的“大面积”是指该雕刻区域可以使用“相对直径较大”的刀具进行较大面积的加工。本例

中我们可以用 20-2.0 的锥刀进行大面积加工。

为了表述方便，将“大面积”材料去除加工简称为“开粗加工”。

(2) 精修加工

在今后的学习中，当描述加工效果时应给出相应的加工要求，这样才能引出使用的加工方法的真正原因。

下面先说明平时经常讲的形容词——棱角分明、图形饱满的具体加工要求。

“棱角分明、图形饱满”的加工要求可归结为对加工深度的要求。这种加工效果要求雕刻深度要深，尤其是区域边角处的雕刻深度尽可能深。对于高频模具这种热压转移型模具，模具上的区域越深、翻压出的图案才能越饱满，图形的边角处加工的深度越深，翻印的棱角才能越分明。

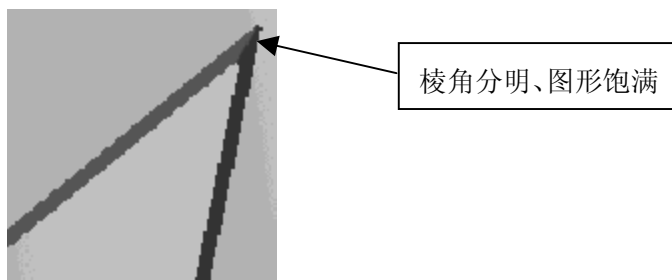


图 3-10



提出“棱角分明、图形饱满”效果的加工要求是为引出下述话题：边角材料的去除（修边修角）是高频模的加工难点，也是金属加工的主要难点。尤其是在加工要求高、边角加工深时加工难度就更大！边角加工畅顺程度是保证金属加工有效率完成的关键点。同样也是学员学习理解的关键点。为表述方便把边角加工简称为“精修加工”。

为什么说精修加工是金属加工中的难点呢？原因如下：

① 精修加工只能使用小刀具

在开粗加工中讲到可以用“相对较大的刀具”，但是精修加工只能使用小刀，大的材料区已经在开粗工艺中干完了。

高频模具上的精细文字图案是阳雕形态存在的，为满足文字和图案的“棱角分明、图形饱满”的要求，有时在精修加工中只能使用角度小于 20° 、底刃直径小于 0.2mm 的小刀具。

② 边角加工材料去除量相对较大、小刀具容易断折

虽然，在大面积的开粗加工中可能将 85% 以上的加工面积已雕刻完，但是，在剩下不到 15% 的面积雕刻过程是高频模加工效率的真正瓶颈！从上表可看出精修加工占整个加工时间的 65%！

造成这种情况的原因是精修加工使用刀具较小，无论从面积上、还是深度上看，此时开粗加工留下的残留量相对于小角度、小直径的刀具来说是一座大山；而小刀具强度差、容易断折、加工速度不能高，从而造成加工效率低。

(3) 铣面与切割

与上述开粗加工和精修加工而言，铣面和切割是很简单的，属于辅助工序，其目的就是要将毛坯表面铣平整和将模具从毛坯中切割下来。

综上所述，我们便规划出了这个高频模具的雕刻工艺方案，如表 3-2 所示。

表 3-2 本例高频模雕刻工艺方案

工序序号	工序名称	使用刀具	目的
1	铣平面	平底 JD-3.0	使毛坯表面水平,保证产品薄厚均匀
2	开粗加工	锥刀 20° -2.0	快速去除大面积材料
3	精修加工	锥刀 20° -1.0	精修残余边角材料
4	轮廓切割	平底 JD-2.0	将模具从毛坯上切割下来

3.3.3 高频模及金属加工的基本思路

在讲课中明确给出下述高频模具的加工思路，而且要向学员说明这也是金属加工的基本思路，这些思路的领会也就是本节讲授内容的结论。

1、“开粗”加工

在开粗的加工中应合理地使用一把大刀，完成 85% 以上的大面积区域材料的去除工作，在加工工艺规划时应规范地使用精雕软件专业的加工方法，就可以按较高的效率实现材料去除工作。

2、“精修”加工

应对开粗加工留下来的 15% 以下的加工面积的残料进行精修加工。在精修加工过程中可以考虑多使用几把刀具，使每一把刀具去除材料量是合理的，这样可相对改变“吃刀量大、小刀具强度弱”的矛盾，确保加工过程可畅顺地进行下去。

在精修加工中避免断刀是工艺规划的出发点，少断刀就是提高了整体的加工效率！精雕软件提供的精修加工工艺较为细致，要求使用者要精细规划，通过这些工艺方法可降低刀具的磨损，确保加工成品率。

3.4 生成刀具路径

教学目的：

通过讲解高频模具路径的生成过程，让学员熟悉高频模加工要经过开粗和精修两大步骤，学员能够通过查表的方法独立地对一些简单高频模设置雕刻路径。

教学重点：

- 1、详细讲解各加工工序的刀具路径文件的生成；
- 2、简单讲解刀具路径输出及加工模拟。

教师要在计算机上演示，在黑板上写下刀具路径的生成步骤和参数值，并要求学员做好笔记。

3.4.1 生成刀具路径

雕刻方案明确后，就要生成刀具路径了。在这里我们要以图 3-8 为例介绍生成刀具路径的全部过程。（在实际教学过程中，可以先生成刀具路径加工，然后再返回来讲解为什么，并且要强调每一把刀具的使用目的，具体分析每一把刀具的刀具路径）

1、生成铣平面路径

(1) 确定铣表面区域

铣表面的目的就是使毛坯表面平整，但是做之前必须要确定铣表面的区域，我们做的方法是：在图形轮廓外画一矩形边框，该边框做为铣毛坯表面区域。

(2) 设置铣平面参数

选择矩形框，设置参数如下：



图 3-11

对于一般的高频模的铣毛坯表面，路径设置参数是固定不变的，下面这个表格（表 3-3）的参数值应让学员记住：

表 3-3 铣平面参数表

粗雕 刀具	精雕 刀具	雕刻 深度	吃刀 深度	路径 间距	走刀 方式	行切 角度	兜边量	其余三个参数
[平底]3.0	不选	0	0	1.2	往复行切	0	0.03	都选

2、 生成开粗雕刻路径

我们进行开粗加工时选用底刃直径为 2.0mm、锥度为 20° 的锥刀。（在这里要让学员知道高频模粗加工一般都要用这种 20°-2.0 的锥刀，至于为什么，在这里先不要讲，下面几章内容中我们还要仔细地分析。）

设置粗加工路径的步骤如下：

(1) 选中除最外的轮廓线和矩形边框之外的所有图形，单击“刀具路径－区域雕刻”，设置参数如下图



图 3-12

在加工高频模时，使用 20° -2.0mm 锥刀进行快速去料，在加工深度为 1mm、加工的进给运动速度为 2.4m/min 条件下，定义侧向进给量为 0.5mm（路径重叠率为 75%、路径间距为 0.5mm），为什么这么设置呢？就是因为当我们使用这些参数切削加工时声音较为清脆、刀具磨损小、加工底面粗糙度低，而加工效率较高。

为使初学者很快能上手干活，下面给出“直径为 2mm、锥度为 20° 的锥刀”在高频模开粗加工中的工艺参数（表 3-4）。这是一组较为合理的参数，在刀具状态正常的情况下，客户直接使用该组参数，就可在高频模的开粗加工中获得较好的效果。

表 3-4 20° -2.0 的锥刀在高频模开粗加工中的工艺参数表

加工工艺	进给速度 (m/min)	吃刀深度 (mm)	落刀速度 (m/min)	落刀延迟 (S)	侧向进给 (mm)	主轴转速 (RPM)
开槽	2.4	0.5	0.4	0.4		24000
快速去料	2.4	1	0.4	0.4	0.5	24000

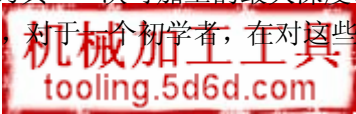
（2）讲解三个重要参数

对于粗雕刻中的几个重要参数，在这里只进行简单讲解，只要让学员能知道相互之间的关系并会查表即可，在下面几章中将进行详细介绍。

• 雕刻深度

雕刻深度是客户给定的，要求多深就写上多少，但有些鞋类高频模具，客户拿来的是压制出的实物，对雕刻深度没有明确，这就要求我们根据实物尺寸和材料特性进行估计，一般情况下，高频模的雕刻深度为 2mm。在这里，我们这个实例的雕刻深度也是 2mm。

• 吃刀深度

“吃刀深度”是一个非常重要的概念，它是反映在一定的工艺条件下，刀具加工能力的参数，刀具“吃刀深度”定义了本次加工工序“所用刀具”一次可加工的最大深度。吃刀深度是由刀具的材料、刀具的类型、工件材料、雕刻时的进给速度决定的，对于一个初学者，在对这些内容还不熟悉的情况下，我们规定学员要使用上表中的数据。

• 路径间距

“路径间距”就是刀具在切削过程中的侧向进给量，它与重叠率有关，重叠率大，路径间距就小，重叠率小，路径间距就大。



路径间距、吃刀深度和控制软件中的进给速度是整个精雕 CNC 雕刻系统中三个最重要的参数，这三个参数相互影响，相互制约，为使初学者能尽快上手，在今后的教学中培训教师一定要教会学员使用《刀具工艺参数表》。

（3）开槽（把兜边，兜边量，侧面精修，开槽几个参数的最佳设置方案以结论的形式给学员）

开槽工艺是精雕机加工金属材料非常关键的一项技术，它有效地解决了刀具受力不均的问题，减少了小刀具的断刀几率，保证了加工效率。

在高频模雕刻中，我们规定用 20° -2.0 的锥刀开粗时开槽深度为 0.5mm，那么开槽层数为“吃刀深度值 /0.5”再归整后得出的值，在本实例中开槽层数为“2”。

斜线下刀的斜角为“1”。

3、生成精修雕刻路径

注解：培训教师可以通过两个样品，一个是没有经过精加工，一个是经过了精加工，让学员观察后指出这两个样品的不同之处，引出下面的内容。

由于前面我们粗加工用的是 20° -2.0mm 的锥刀，尺寸较大，在图形区域的尖角处留下一部分尚未加工到的区域，因此我们必须再用一把底刃较小的刀具进行精修加工，在这里我们选择 20° -1.0mm 的刀具。设置参

数如图 3-13。

用 20° -1.0mm 的刀具进行精修时，我们规定吃刀深度为 0.5mm，对于精雕策略中的其它参数，涉及到的内容太多，以后还要仔细地讲解，在这里就不要做过多阐述，只要让学员记住就可以了。

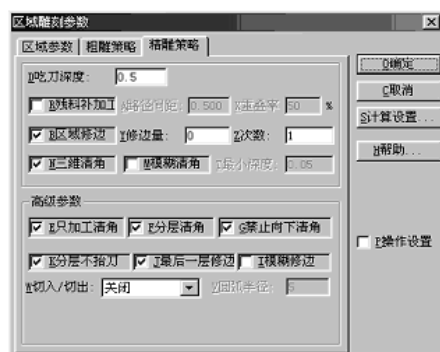
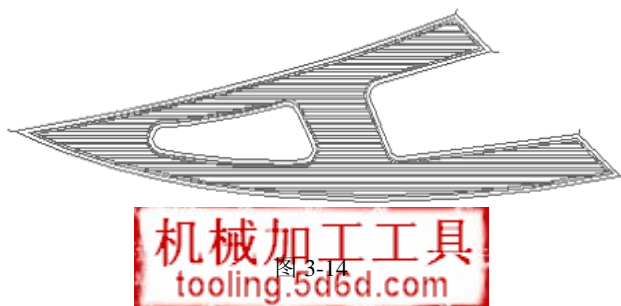


图 3-13

到此，各参数都已设好，单击“确定”，生成路径如图 3-14：



4、生成轮廓切割路径

以上所有路径都设置好之后，我们还要考虑模具如何从铜板上被切割下来。选中高频模的外轮廓，单击“刀具路径—轮廓切割”，设置参数如下：



图 3-15

- **雕刻刀具：**在切割时我们一般用 2.0 的螺纹铣刀，原因是这种刀强度好，耐用，并且在切割过程中受到的阻力小。
- **雕刻深度：**就是我们所用材料的厚度，我们计划用 5mm 厚的铜板，那么就在这里写上“5”。
- **吃刀深度：**和粗加工中的开槽深度一致，为 0.5mm。

- **半径补偿：**在高频模的外轮廓切割中，我们设置半径补偿都为“向外”。
- **补 偿 值：**不选。
- **分层不抬刀、斜线下刀：**选择。
- **斜角：**1°

这里给定的参数是在一般情况下切割高频模轮廓时的数值，应让学员记住。

单击“确定”，生成轮廓切割路径，如图 3-16 所示

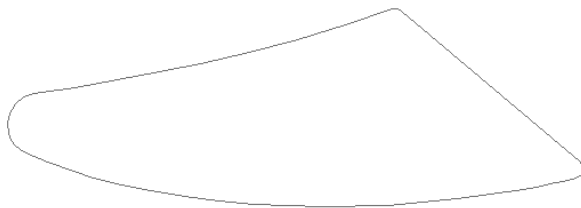


图 3-16

3.4.2 刀具路径输出

为了便于观察，在实际操作中每一步路径生成后就应将其向固定的方向移动固定的距离，这样可使各步生成的路径之间的相对位置不发生改变，同时又不会影响我们对图形的操作。本例题所生成的所有路径如图 3-17 所示。



图 3-17

框选所有路径，用鼠标单击“刀具路径—刀具路径输出”，出现图 3-18 所示对话框。



图 3-18

设置如下：

- A、X/Y 向的输出原点为： 左下角；
- B、Z 向的输出原点为： 0；
- C、输出格式： [控制软件版本]： EN3D 5.x；
不选[输出二维路径]；

确认参数后，单击“输出”，写上一个名字后便将路径保存在电脑中了。

3.4.3 加工模拟

进入加工模拟界面进行加工模拟，如图 3-19。

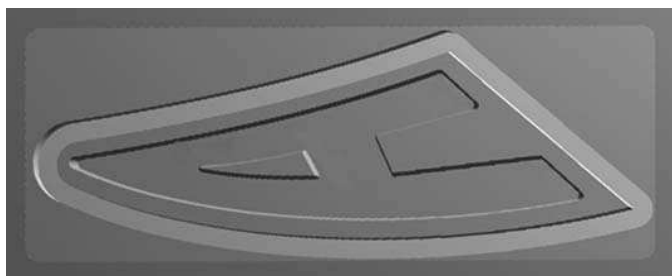


图 3-19

观察模拟效果，确定无误后准备下节课实际雕刻。

