

基于 Pro/ENGINEER 的电极设计方法与技巧

大连工业大学 机械工程与自动化学院 赵学庆 王 帅

共立精机（大连）有限公司 史宏莹

安达汽车零部件有限公司 于晓明

一、引言

电火花加工技术是历史最悠久的特种加工方法，在模具制造业、航空和航天、电子等众多领域得到了广泛的应用。电火花放电加工是分别把工件和工具制作成两个电极，利用两极间脉冲火花放电产生的热能，熔化、蒸发和抛出工件电极材料，达到加工工件的目的。

电极设计好坏会直接影响电极的加工复杂性、制造成本、加工进度与精度，最终会直至影响整套模具的生产成本和生产进度。因此必须高度重视模具制造中电极的设计问题。

Pro/ENGINEER 软件在模具设计中有广泛的应用。实体造型、参数化和自上而下的设计理念，成为模具工程师体现设计思想的得心应手的工具。在 Pro/ENGINEER 软件中，电极的高效设计有一个非常好的方法，就是借助软件中独特的体积块特征（volume）扣印电极。就如使用橡皮泥嵌入型腔，再取出橡皮泥，电极的形状就做成了，而且还是实体结构，可以继续使用实体特征进行编辑，这对于应用 Pro/ENGINEER 的设计人员在设计电极时会更加简便。当模型修改时，Pro/ENGINEER 的参数化就体现出强大的优势，从模型至电极工程图一改到底。

二、Pro/ENGINEER 软件抽取电极的基本方法

1. pro/nc 中使用体积块（volume）

当型腔模型为准确的模型后，可在型腔上直接反扣出电极模型。此种方法使用较为广泛。在许多 CAM 软件中有快

速电极制作的模块，可在准确的模具型腔上反扣出电极，并可编辑底座的大小及形状。在 Pro/ENGINEER 的加工模块中使用 Volume 可快速的做出电极的模型，然后转出为 *.prt 的实体造型或 IGS 文件。其方法按以下图例顺序所示。

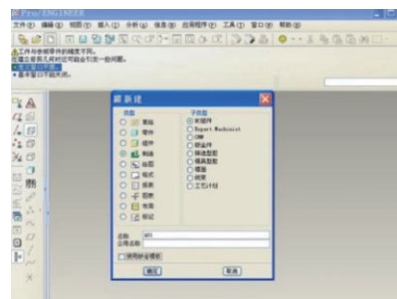


图 1 进入编程模块

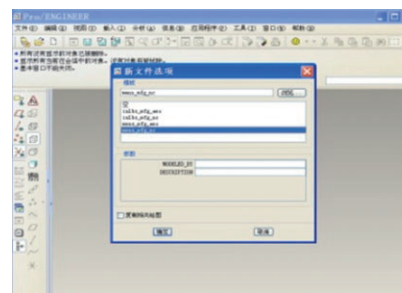


图 2 选择单位模式

进入加工模块：图 1 与图 2 是进入 PROE 编程模块的方法。调入模型：将型腔模型调入，与系统坐标系匹配。如图 3、图 4 所示。这四个步骤是准备阶段的软件操作，养成习惯即可。

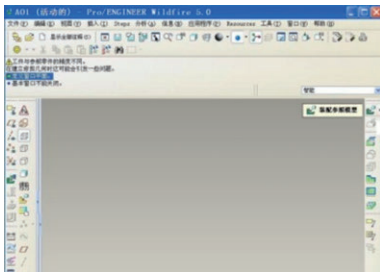


图 3 调入模型

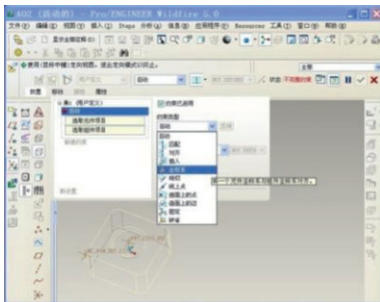


图 4 选择坐标系

准备工作做好以后，开始建立体积块。铣削体积块在加工模块中是用来限定加工区域的一种手段，即具有曲面特征，又可以进行实体特征的编辑操作（如拉伸增加、去除、倒角、偏置等），操作方法灵活。在模具分型中，分型体积块具有相同的特点。

点击右侧“铣削体积块”快捷键，如图 5 所示，进入创建实体拉伸的界面，如图 6 所示。创建的拉伸特征如图 7 所示。

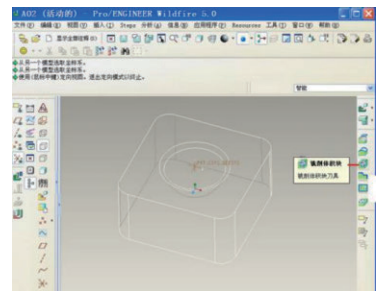


图 5 创建体积块

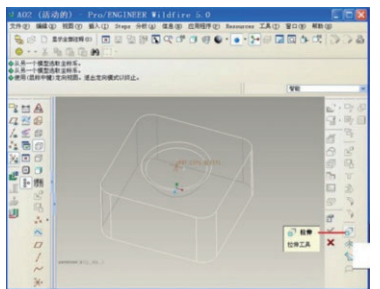


图 6 选取拉伸特征

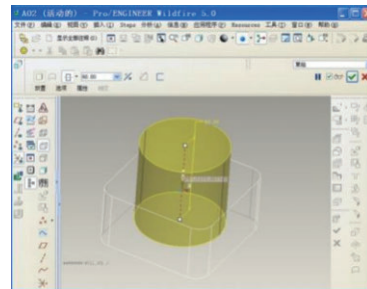


图 7 拉伸特征

体积块建立以后，仍然在当前的过程中，选择右侧的“修剪工具”图标，开始扣印电极。如图 8 所示。

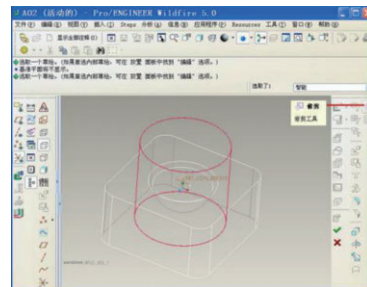


图 8 选取修剪工具

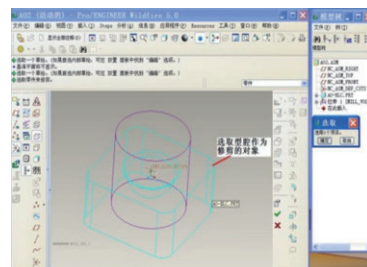


图 9 选造型腔修剪

选择型腔作为剪切的工具，修剪体积块，如图 9 所示。点击确认后，成型部位的轮廓就展现在眼前。如图 10 所示。此时，电极成型部位的底面与型腔的分型面重合，还需要做出一端 5 ~ 10mm 的避空段，避免电加工时损伤分型面及棱角。还在这个进程中，点击拉伸特征的快捷键，如图 6 所示，做去除拉伸特征，如图 10 所示效果。

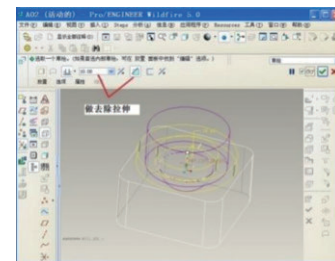


图 10 修剪后编辑空刀部位

做好了电极的避空段，电极的形状就完全呈现，点击确认，完成体积块。

此时的体积块只是一个特征，需要转换成实体部件或 IGS 等格式文件，才能用来做电极的加工编程。

先介绍通过体积块创建实体的过程。如下图 11、图 12 所示。

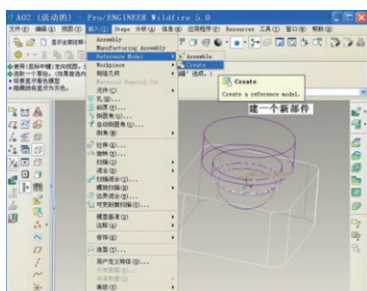


图 11 创建电极实体

创建一个新部件，起好电极名称。例如：DJ1。

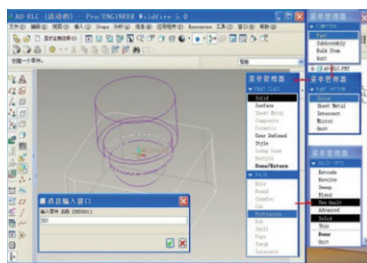


图 12 做成电极实体

沿着下拉菜单的次序，选择使用面组（Use Quilt）创建实体。

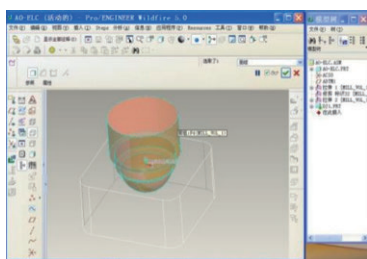


图 13 点击确认形成电极实体

点击确认后，实体模型创建结束，如图 13 所示。在模型树中显示出新建的电极实体。

此时，体积块仍然存在屏幕中，与实体模型重合在一起，视觉上有些杂乱。可以将体积块遮蔽，不再显示。需要显示的时候再取消遮蔽即可。遮蔽体积块的方法如图 14 所示。

文件树中的电极实体，作为一个装配模型，可以在激活的状态下进行细化的处理。保存加工文件后，在当前文件夹

中可以找到“DJ1”的模型，转入加工模块进行 CAM 流程。

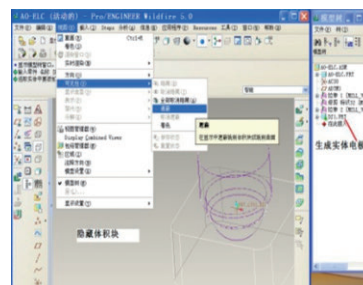


图 14 隐藏体积块

当团队合作时，需要导出 IGS 或 STP 格式的文件，再导入其它类型的 CAM 软件进行编程。Pro/ENGINEER 中的体积块具有面组的特征，只要在“另存”中选择面组特征，即可转换出所需要的格式文件。如图 15 所示。

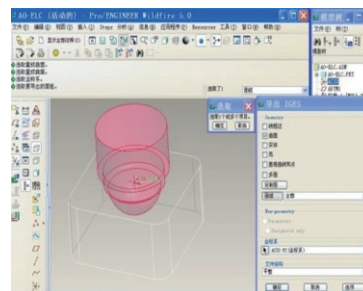


图 15 可以导出 IGS

2. 电极干涉检查的方法

Pro/ENGINEER 检测电极干涉主要在装配模块中。将模具型腔与电极按照制品坐标系装配在一起，每个电极设置不同的颜色，可清楚地查看每个电极放电的位置，干涉的情况一目了然。将关键部件转换成实体，其余部件为线框，则更直观，如图 16 所示。方法：点击 view → modelsetup → component display → create，建立名称 → shading → 选取部件 → done。

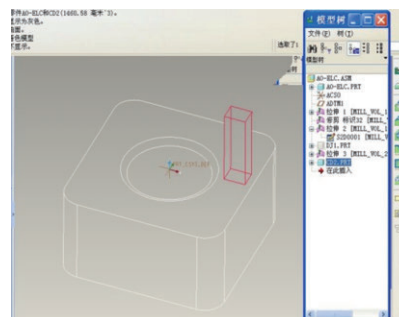


图 16 干涉部位显示

建立一个电极“CD2”，如图 16 所示，有明显的干涉

存在。细微之处，可使用 Pro/ENGINEER 装配中的 Mold_analysis，会自动地将干涉部位表示出来。如下图 17 所示。

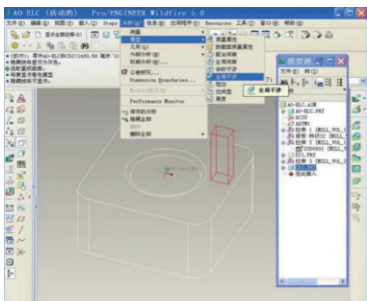


图 17 选择全局干涉检查方式

打开电极与型腔的装配文件 (*.asm)，在文件条中选择分析 (Analysis) → 模型 (model analysis) → 在子菜单栏中选择全局干涉 (Global Interference)，接着定义 (definition) 栏目中选择仅零件 (part only)，包括面组 quilts(exclude)，显示精确结果 display (exact result) → 计算 (compute)，运算后部件与部件之间的干涉部位会以高亮的线条表示出来。或者，在显示全部 (Display) 中选择快速查看 (Quick check)，Pro/ENGINEER 会列出所有部件间的干涉，具体细节可点击预览 (Verify) 察看结果。如下图 18 所示。

同传统的切削加工相比，电火花加工速度和加工效率很低，Pro/ENGINEER 软件的应用使电极的设计变更更灵活方便，提高了设计效率缩短了电火花加工周期。

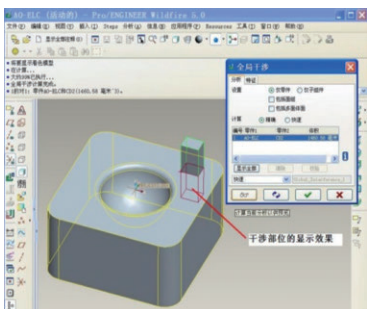


图 18 显示干涉检查的结果

三、提高电加工效率的电极设计方式

在实际生产中，如何使用数量最少、形状最简单的若干个电极完成复杂型芯的加工，需要根据具体情况分析。下面列出了四种电极设计技巧。

1. 并列

某些中、小型的压铸模具，其主电极或其中局部电极

需粗、精两次放电加工，如果电极的尺寸较小，可将粗、精电极设计在一起，中间偏置出干涉的尺寸。如此不仅可节省 NC 加工、放电加工的装夹时间，还可提高电加工的位置精度。要确保偏置的基准明确，偏置的距离不能产生干涉，如图 19 所示。

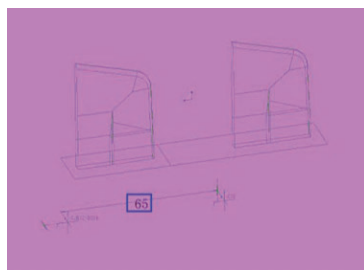


图 19 电极的并排设计

2. 间隔

某些型腔的并排的薄筋电极，间隔很小，NC 加工时刀具很难进入，加工条件不好，小直径加长的刀具不仅震颤造成光洁度降低，刀具还容易折断，连带筋片损伤。如图 20 所示。将此类情况的电极分成间隔的两个电极，是一个很好的解决方法。

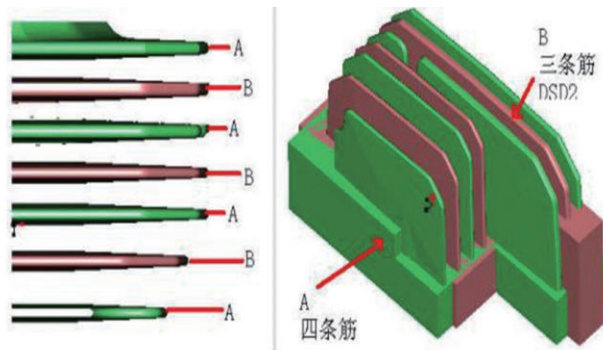


图 20 电极的间隔设计

电极间隔分离后，可以使用较大直径的刀具进行 NC 加工，保证了更高的强度与更好的表面质量，提高了筋片加工的成功率，但增加了电极数量，也延长了电加工的时间。利弊权衡，要根据部件加工的重点技术要求决定电极方案。质量至上，则要付出必要的时间。

3. 旋转

图 21 所示的圆柱段是一段精度要求较高的分型面。若竖直加工，由于电极的高度较大（约 70mm），较难保证圆弧面的弧度与侧边的小圆角 (R2)，因此平放加工效果较好。

电极在放电时需拨转 10°，因此需要在电极上设计出一

段工艺基准。在 NC 加工时用球刀以曲面铣削的加工方式铣出基准，在电加工时电极拨转 10°，以 CAD 提供的基准尺寸进行加工。电极的细节设计如图 22 所示。

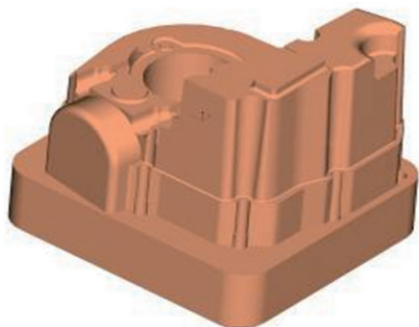
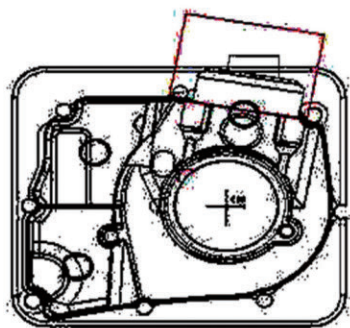


图 21 电极的旋转设计

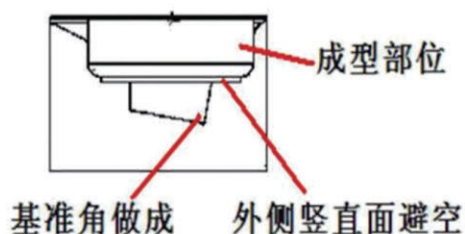


图 22 电极的细节设计

旋转的设计方式技术要点在于要设计出放电基准，并明确标示不含减寸量的尺寸、位置。此基准在 NC 阶段是倾斜状态，加工后一定要使用三坐标测量误差，为电加工做好准备。电加工时，要确认旋转方向、基准位置，及时与电极设计人员、检测人员联络沟通。

可见，旋转电极在 NC 加工时精度提高，CAD 人员的设计工作量增大，电加工人员确认的时间增加。鉴于此，只适用于特殊情况需要，不能作为普遍使用的电极方式。

4. 组合

电极的组合方式是将分解的细小电极，遵循便于 NC 加工、EDM 电加工的原则组合在一块电极上的方法。

组合电极示例 1：曲面分解后的组合。

对小型压铸模具而言，模型在细节上要求较高，制作整体电极时需选择直径很小的刀具，加工条件非常不好。将相邻曲面分隔拆解，曲面联接部位延伸扩展，然后将不同部位组合在同一个毛坯上加工。

如图 23 所示，拆分方案将曲面分解成两组。第一部分（蓝色曲面）电极中去除的红色曲面部分（第二部分）向下方向延展，为 NC 加工中的细小刀具提供了回转的空间，充分保证了竖直曲面的加工效果。同理，第二部分（红色曲面）的曲面可以沿轴向延展，也为 NC 加工有效曲面部位提供了便利条件。如图 24 所示。将粗电极、精电极再并列在一起，整块电极的尺寸变化不大，一块电极解决了整个型腔的电加工形状。

此种设计改善了 NC 加工条件，提高了尺寸加工精度。不足之处是型腔的尖角部位需要手工做出圆角。

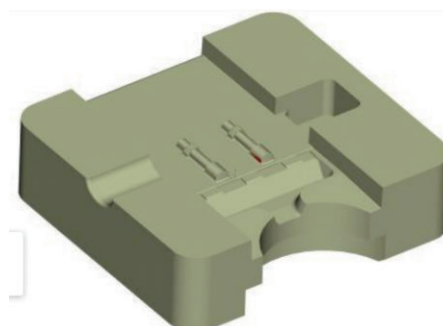
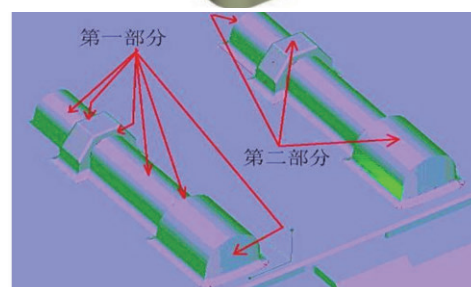


图 23 型腔模型及电极的组合设计方案

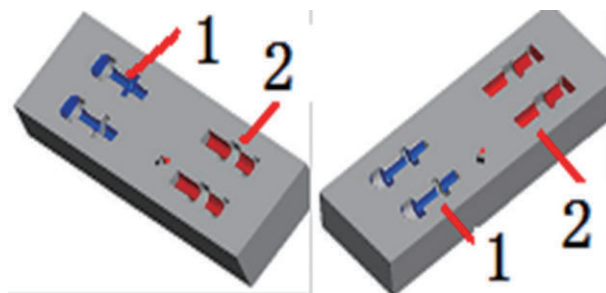


图 24 拆分组合后的电极

组合电极示例 2：并列与间隔方式的组合。

图 25 中的筋片间隔很小(1.7mm),长度较长(21.7mm),制作整体电极难以加工。按照组合电极拆分的思路,问题迎刃而解。

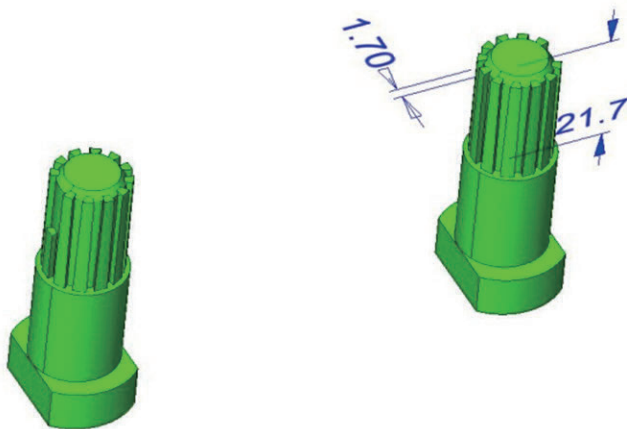


图 25 小型模具镶件电极拆分示例

首先采用间隔的方式,将筋片部位拆分成两部分,再并列粗、精电极,做成电极 1,如图 26 所示。同理做成电极 2。电极 1 与电极 2 是两块电极。

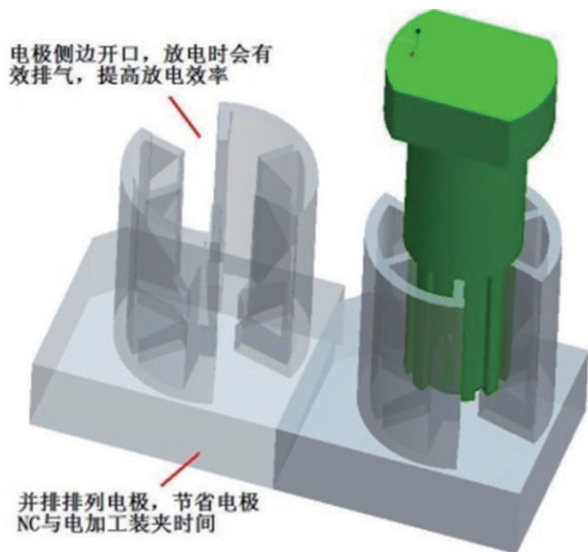


图 26 间隔、并列设计

两块电极组装后的效果如图 27 所示。间隔的筋片扩大了刀具进出的间隙,解决了 NC 难以加工的难题。若将电极 1 与电极 2 再次并列组成一块电极,这样,两部分电极连粗带精都集中在一块电极上,可以成倍提高电加工效率。

细节上,要留意电极放电时的排气设计。两端开放式出口,有效排气,提高电加工效率,避免积碳情况发生。

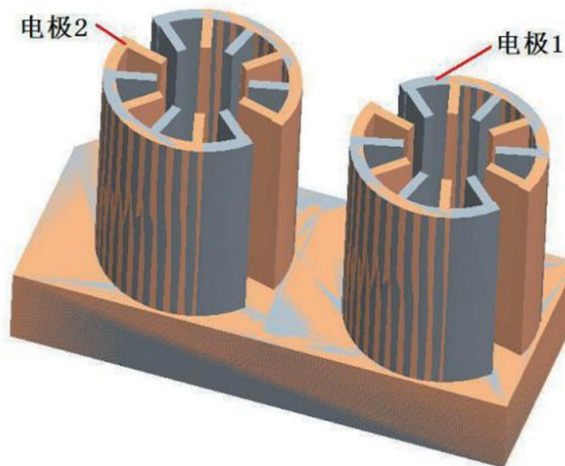


图 27 两块电极组装后的效果

可见,分解模型相邻部位,可以保证相交棱线的清晰,但会增加电极的数量。可以将相同类型的电极偏置后组合在一起,又有效减少了电极数量。由此,可以达到既保证质量,又减少电极数量,从而提高加工效率的目的。

在实际生产中,如何使用数量最少、形状最简单的若干个电极完成复杂型芯的加工,需要根据具体情况分析。

四. 结语

复杂电极的拆分模具制造中的一个重点,也是难点。应用 Pro/ENGINEER 软件进行模具设计与电极的拆分确实为模具生产带来了方便,加上 Pro/ENGINEER 软件的体积块功能,将会使产品、模具及电极的变更灵活方便,提高了设计效率。通过对电极的合理拆分,可以完成复杂型芯的电火花加工。在实际生产中,如何使用数量最少、形状最简单的若干个电极完成复杂型芯的加工,需要根据具体情况分析。既要求电极形状简单又要求电极数量少似乎是一对不可调和的矛盾,但只要掌握了电极拆分技巧,仔细分析,可以合理解决这一问题,满足技术性的同时也满足经济性。IM