

# 基于 Pro/E 软件的电解加工夹具的参数化设计

葛媛媛<sup>1,2</sup> 徐家文<sup>1</sup>

(1 南京航空航天大学,南京 210016)

(2 山东泰山学院,泰安 271021)

**文 摘** 应用 Pro/E 软件进行复杂型腔电解加工夹具的设计,通过夹具零件的造型、组装及组件的静态、动态分析,阐述了在 Pro/E 软件平台上进行夹具设计的主要过程、特点及优越性。它不同于以往机械设计二维 CAD 软件,避免了因漏掉相关零件的修改而在零件实际装配时所带来的干涉现象。保证了设计结果的准确性,并提高了设计效率。在电解加工复杂整体构件组合电加工数字化制造中得到应用,并取得很好的效果。

**关键词** Pro/E 软件,夹具设计,电解加工

## Parametric Design of ECM Clamp Based on Pro/E Software

Ge Yuanyuan<sup>1,2</sup> Xu Jiawen<sup>1</sup>

(1 Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016)

(2 Shandong Taishan University, Taian 271021)

**Abstract** Pro/E software is applied to design the ECM clamp used to machine some complex cavities in the ECM process. Based on the Pro/E software, the parametric design of clamp, the assemble of clamp parts and the analysis of different states, including the dynamic and static, are all carried out. The primary process of design, the characteristic and the advantage are introduced as well. Different from the planar CAD software, Pro/E software can check and eliminate the interfering of clamp parts which may happen in the design and assemble process because of missing modifying correlative parts. Thereby the veracity and efficiency of design can be ensured and advanced. This method is applied to the digitized manufacture of ECM complex integral component and good result is obtained.

**Key words** Pro/E software, Clamp design, ECM (electrochemical machining)

### 1 引言

电解加工工艺装备由工具阴极和夹具组成,是电解加工区的中心环节。夹具的功能在于安装、定位、夹紧工件,确保工件和工具的相对位置,形成封闭的加工区和电解液流动通道,并将电流导入加工区。由于工艺装备是电解加工各系统输出的终端汇合点,又是进行电解加工的工作区域,因而其设计和

制造的质量直接影响电解加工的效果,是电解加工装备中至关重要的一个部件<sup>[1]</sup>。

美国 PTC 公司的 Pro/E 软件以其强大的功能在模具和夹具设计中占有主导地位,它不同于以往机械设计 CAD 软件,是三维设计软件,能从根本上提高设计效率,保证设计结果的准确性,为实现夹具 CAD/CAE/CAM 一体化创造基本条件<sup>[2]</sup>。本文针

收稿日期:2005-06-07;修回日期:2005-07-28

基金项目:“十五”国防科技预研资助(41318.3.2.4)

作者简介:葛媛媛,1970年出生,讲师,主要从事异形型腔电解加工工艺的研究

对电解加工准备时间长的问题,在 Pro/E 软件平台上进行电解加工夹具的设计,提高了夹具设计的质量和效率。

## 2 基于 Pro/E 进行夹具设计的主要过程及特点

本文研究的是具有复杂异形型腔的整体扩压器(图 1),其型腔结构是窄、长的异形孔。在电解加工中,采用近成形阴极仿形并辅以小范围数控运动进行加工。实践证明,电解加工这样的细长孔,间隙中电解液流动呈扩张通道,则加工过程容易发生短路,故在夹具设计时,要特别考虑加工间隙出口处电解液的背压。为此,设计了背压导流腔,如图 2 所示,它一方面增大了间隙出口处的背压,另一方面对阴极起导向作用。另外零件上的型腔数目较多,型腔与型腔间的分度精度要求很高,为此设计了满足零件图纸分度要求的分度盘,它兼具分度和定位毛坯的作用。

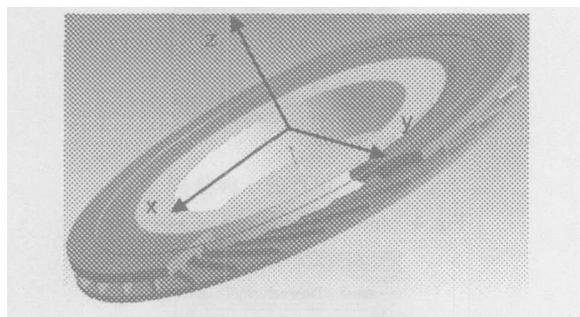


图 1 整体扩压器结构

Fig 1 Scheme of integral component structure

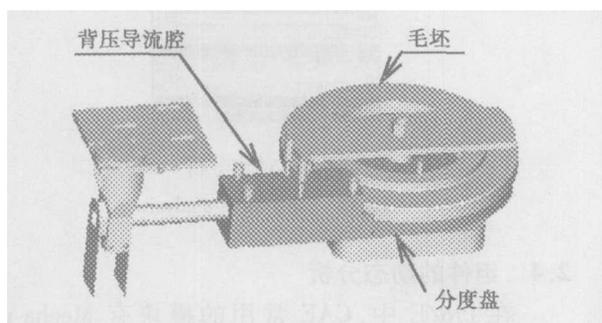


图 2 夹具整体结构示意图

Fig 2 Scheme of integral clamp structure

综合考虑电解夹具的设计要求和加工零件及毛坯的结构特点,依据电解加工方案和阴极几何结构,进行夹具总体设计。

### 2.1 单个零件的造型

利用 Pro/E 的特征创建功能,进行各个零件的

实体造型,对于某些与毛坯有着配合要求的或与加工零件主要尺寸相关的夹具零件尺寸,在设计时,还要运用 Pro/E 软件提供的一些特殊功能。

#### (1) 外部复制几何功能

为了保证夹具零件上的某些尺寸能随着毛坯尺寸的变化而变化,即从属于毛坯的尺寸参数而不具有独立性,在夹具零件设计时采用 Pro/E 的“外部复制几何”功能。在 Pro/E 零件设计界面下,【插入】【共享数据】【从其他模型复制几何】【打开】从文件中选取毛坯的零件图,然后【曲面参照】【定义】选取毛坯相关尺寸的曲面,再【完成选取】【完成】【确定】,外部复制几何就成功建立。这样一旦毛坯的尺寸改变了,夹具中与它相对应的尺寸也会自动改变。

#### (2) 程序功能

夹具中一些重要的特征尺寸(与所加工零件的特征有关的参数)希望在零件设计完成后还能很容易地改变和控制,为此采用 Pro/E 的“程序”功能。在零件设计界面里,由【程序】【编辑设计】进入记事本编辑器,根据需要写入必要的程序。以本文所设计的夹具分度盘中的某一个特征参数为例,说明 Pro/E 所写的程序代码格式如下:

```
VERSDN
REVNUM 3910
零件 FENDUPAN 的列表
NPUT
PNHOLE_D IA_CONTROL YES_NO
IF PNHOLE_D IA_CONTROL == YES
PNHOLE_D IA NUMBER
END IF
END NPUT
RELATONS
IF PNHOLE_D IA_CONTROL == YES
D24 = PNHOLE_D IA
ELSE
D24 = 5.5
END IF
END RELATONS
```

编辑完成后,对其保存并退出,会出现提示行:“是否要将所做的修改体现到模型中”?如回答“是”,则继续【输入】【选取全部】(或根据需要选

取某几个特征) 【完成选取】, P10/E会继续提示是否对所选取特征输入新值?输入所选取特征的新值等等,最终完成对所选取特征的修改和控制。以后根据需要,再要改变夹具的某个特征参数时,就可以通过执行【再生】【输入】选取要改变的特征参数【完成选取】。随后 P10/E会询问想要控制所选取特征的参数么:“yes/no?”输入 no,可将原来改变了的特征参数恢复原状;输入 yes,可继续改变特征参数为所设定的新值,其操作界面见图 3。

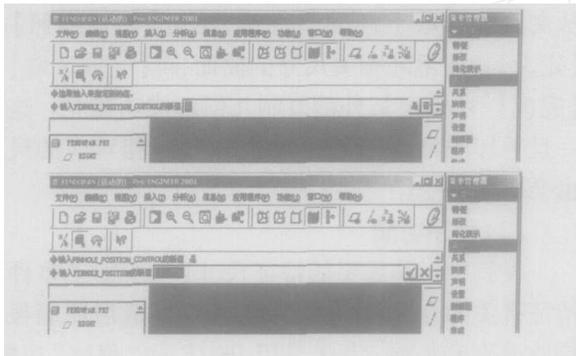


图 3 P10/E执行程序改变特征参数的示意图  
Fig 3 Scheme of P10/E executing program used to change characteristic parameters

### (3)关系功能

对于零件上有相对位置关系要求的尺寸,为了保证其中任意尺寸变化后,其相对位置关系仍能保持不变,可应用 P10/E的“关系”功能,给有关的尺寸建立一定的关系约束。具体的做法是在 P10/E的零件设计界面内,进入【关系】选择要增加关系的各特征【增加】输入要增加的关系式。

通过上述处理后,可对电解夹具中各零件的主要特征参数方便地修改和控制,实现夹具的计算机辅助设计。

## 2.2 零件的组装

零件设计好后,在 P10/E的装配界面下进行组装,得到装配图如图 2所示。若需要在装配图中控制修改前述分度盘上的那个特征参数,也可在装配图中通过程序代码来实现,程序代码的编写如下:

```

NPUT
PNHOLE_DIA NUMBER
END NPUT
RELATDNS
END RELATDNS

```

```

EXECUTE PART FENDUPAN
PNHOLE_DIA = PNHOLE_DIA
END EXECUTE

```

## 2.3 组件的静态分析

对于装配好的组件,还可以进行一些简单的分析,如干涉分析、间隙分析等。由于在装配过程中即使零件间发生干涉,P10/E软件也不会识别,仍然按照所设定的约束进行装配,故在装配完后必须对组件进行全局干涉分析。干涉分析主要检查哪些零件在装配过程中发生干涉,并能计算出干涉面积的大小。间隙分析可以精确地测量出装配好后相邻零件间的间隙数值。具体分析界面见图 4和图 5。

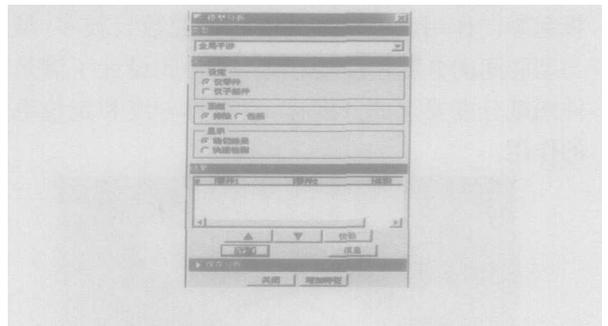


图 4 组件的干涉分析

Fig 4 Intervene analysis of assemble

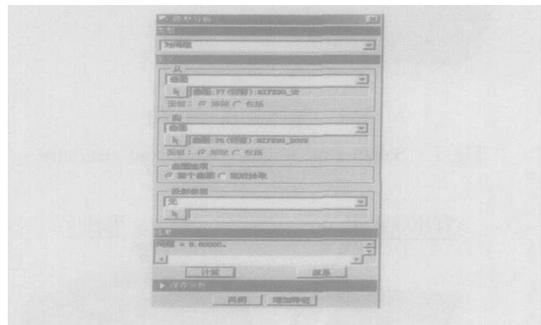


图 5 对隙分析

Fig 5 Clearance analysis

## 2.4 组件的动态分析

在 P10/E中,CAE常用的模块有 Mechanism Design eXtension (MDX)和 P10/MECHANICA (P10/M)。MDX用于运动分析,与 P10/E完全集成,无需单独安装,操作简单易于使用,但功能不是很强,对不太复杂的机构运动十分适用<sup>[3]</sup>。

要想分析夹具中某个零件的运动,首先在进行零件的装配时,运动件要保留其所需要的自由度,在 P10/E中称之为“连接”。即在设定装配中的“约

束时,设定相应的“连接”,如图6所示,然后【应用程序】【Mechanic】进入运动模拟环境,本文采用的是FEM(Finite Element Modeling)模式,设置运动驱动、进行运动分析、显示整个运动过程中有无干涉及干涉区域。

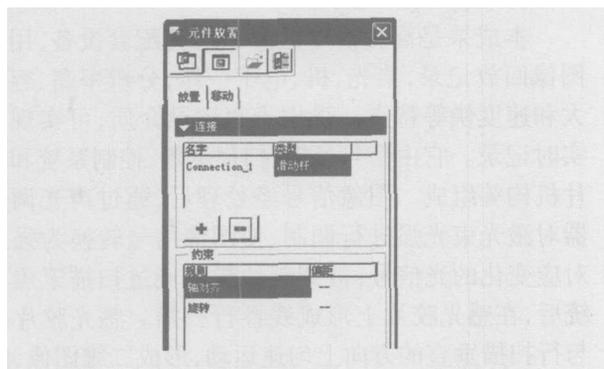


图6 连接的设置

Fig 6 Connection setup

使用软件对设计模型进行仿真和分析,能够模拟真实环境中的工作状况并对其进行分析和判断,以尽早发现设计缺陷和潜在的失败可能,提前进行改善和修正,从而减少后期修改而付出的昂贵代价,缩短设计的周期。

### 3 Pro/E进行电解加工夹具参数化设计的优越性

Pro/E是采用参数化设计的、基于特征的实体模型化系统,应用其进行夹具设计时,可通过改变参数的数值随意勾画草图,轻易改变模型,充分体现了软件本身的参数化功能和内在的相关性,给设计者提供了前所未有的简易灵活。具体而言,应用Pro/E软件进行如图1所示的电解夹具设计时,其优越性主要体现在以下几方面。

(1)快速性。本文所设计的电解夹具是用来加工在研的某型发动机扩压器的型腔,该扩压器是一个构形非常复杂的薄壁整体构件,在研制过程中外形尺寸和型腔形状会有一些变化,相应地,夹具尺寸也要变动。应用Pro/E软件进行夹具设计,充分利用其参数化功能和内在相关性,零件特征参数的改变都可以通过简单的问答方式来进行,特别地应用“程序”功能,可一次协调地改变多个参数,避免直接在设计图中修改多个尺寸而造成尺寸遗漏和尺寸不协调的错误。并且Pro/E中只有一个统一的参数数据库,任何一个零件图的修改都会自动复现在装配图中,无需再重新进行零件的组装。实践证明,应宇航材料工艺 2006年第3期

用Pro/E进行夹具设计,可大大提高设计效率,缩短生产准备周期。

(2)准确性。通过“分析”功能,可简单、方便地对夹具零件的装配、相对位置及相对运动进行检测,判定零件的设计及装配是否合理,是否符合要求,这种仿真检查、分析功能,即在计算机上就可以模拟实际加工与装配,进行静、动态分析,可在设计过程中就发现错误及不足,优化设计,杜绝夹具加工装配过程中的返工。

(3)直观性。它是三维造型软件,能形象地反映出设计者的意图,可以将结构复杂的零件变得简单明了,易于快速地、准确无误地理解和接受。

总之,在电解加工的夹具设计中,应用Pro/E软件的自动设计功能,把以往的图形信息转化为数字信息,通过指令完成夹具的修改,大大提高了夹具设计、修改的效率,实现了夹具的计算机辅助设计,也为电解加工的数字化制造奠定了基础<sup>[4-5]</sup>。

### 4 结论

应用Pro/E进行电解加工夹具设计,是复杂整体构件组合电加工数字化制造过程中的一个重要环节,在实际应用中已经取得很好的效果。这种参数化设计思想,不仅在夹具设计中而且在电解加工阴极设计以及制造过程也得到应用。实践表明,依据扩压器异形腔统一的数字化模型,进行夹具、阴极以及电解加工过程的设计,有效地提高了生产效率,缩短了制造周期;显著提高了加工精度。扩压器异形腔采用组合电加工数字化制造,加工精度可以达到很高,在国内首次解决了异形腔加工的难题。

### 参考文献

- 1 王建业,徐家文. 电解加工原理及应用. 北京:国防工业出版社,2001:166~169
- 2 李红林,贾志林. 应用Pro/E设计精密注射模具的方法研究. 电加工与模具,2005;(1):39~41
- 3 祝凌云,李斌. Pro/ENGINEER运动仿真和有限元分析. 北京:人民邮电出版社,2004:20~25
- 4 徐家文,王建业,田继安. 21世纪初电解加工的发展和应. 电加工与模具,2001;(6):1~5
- 5 葛媛媛,徐家文. 数字化制造技术在电解加工中的应用. 电加工与模具,2005;(1):1~3

(编辑 吴坚)