

# 精密微小孔电火花加工技术与装备

## 1 背景及意义

精密电火花加工技术的加工机理与金属切削加工不同，它是用可控的火花放电进行非接触加工，加工中没有切削力。多轴联动的电火花加工机床是集精密机械、能量精准可控电源、加工状态检测、伺服控制、适应控制、智能化控制及专用数控技术等高端技术为一体的高技术产品。它的主要特点是可对各类导电材料、半导体材料，特别是不能加工的高硬度、高强度、高熔点、高韧性、高脆性等特殊材料、特殊结构以及复杂形状零部件进行高效精密加工。

六轴精密微小孔电火花加工机床一般采用细长铜管或各种金属材料精密微细丝为电极。一般来说，加工孔径在 $\Phi 0.3\text{mm}$ 以下为微孔加工，在 $\Phi 0.3\sim 3.0\text{mm}$ 为小孔加工；微孔加工的深径比 $\geq 30:1$ ，微孔精度可达 $\pm 0.002\text{mm}$ ， $Ra 0.4\ \mu\text{m}$ ，还可实现特殊型孔（例如倒锥孔）加工；小孔加工的最大深径比 $\geq 200:1$ 。电火花微小孔加工机床可对高硬度、高强度、高熔点材料进行高效微小孔加工，广泛应用于航空、航天、汽车、军工、内燃机等行业的喷油嘴、喷油环、喷片等精密燃油喷孔，发动机叶片、火焰筒、安装边等关键零件的气膜孔，化纤喷丝板的圆形、异形喷丝孔，模具零件电火花切割的穿丝孔等各类微小孔的加工。多轴联动的电火花小孔加工机床还可进行各种复杂空间位置的微小孔加工，其加工特殊材料深径比大、效率高、孔径小、精度高等特点是一般机械钻削加工方法无法完成的。

## 2 技术创新

本团队研发的六轴精密微小孔电火花加工装备具有以下技术特点与优势：

（1）最小放电脉宽 $0.1\ \mu\text{s}$ ，能够满足精密微细放电加工需求，最佳表面粗糙度 $Ra 0.05\ \mu\text{m}$ ，最小变质厚度 $0.002\text{mm}$ 达到国际先进水平。

（2）六轴联动数控系统，可以满足复杂位姿小孔加工需求。

（3）微动进给系统适配方案丰富，可以满足 $\Phi 0.1\text{mm}$ 至 $\Phi 3\text{mm}$ 所有微小孔的加工需求。

（4）数控系统具备六轴联动加工能力，全软件式架构，可适配于 Windows、Linux 系统平台，可扩展能力强，便于融入柔性制造系统或车间 MES 系统。

（5）掌握电火花加工软件系统、电气系统、机械系统、工艺技术方面的核心技术，能够满足各种定制化开发需求。

（6）电源系统参数丰富，能够满足钨丝电极、铜管电极等对钛合金、高温合金等难加工材料的多样化加工需求；高实时性放电状态检测，确保在自来水为加工介质时依然可以稳定加工。

基于已有技术已开发出了六轴电火花小孔机，六轴联动数控系统、小孔最大深径比 $300:1$ ，加工孔径 $\Phi 0.3\text{mm}\sim\Phi 3\text{mm}$ ；已开发出六轴微孔加工机床，六轴联动数控系统、最小脉冲宽度 $0.1\ \mu\text{s}$ ，最大深径比 $15:1$ 。

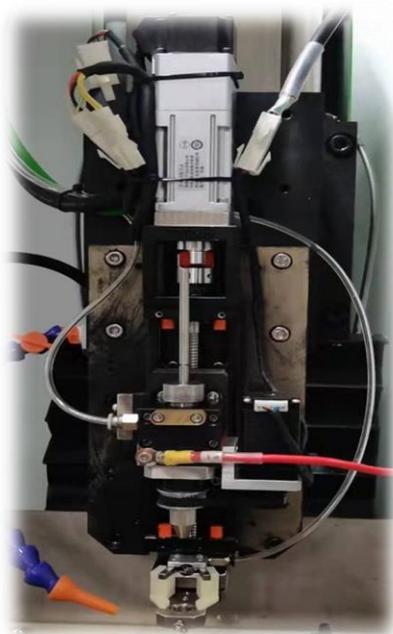


图 1 微小孔的微动进给轴



图 2 六轴电火花小孔机



图 3 六轴微孔机

### 3 推广应用

精密微小孔电火花加工装备的主要应用领域为航空、航天、汽车、能源领域微小孔的加工，例如航空发动机气膜孔加工、航天领域喷嘴面板微小孔加工、超高音速飞行器复合材料大深径比精密微小孔加工、高性能柴油发动机喷射系统微小孔加工。项目申请团队前期已就六轴精密微小孔电火花加工装备开展了大量研究工作，相关成果已经在市场上进行了应用，取得了应用单位的高度评价。

在北京机械工程学会 2019 产品开发项目成果评价会上，受到专家组高度评价。

### 4 联系方式

联系人：刘建勇教授

联系电话：18611404035

邮箱：ljj\_18778@163.com