

某型无人机碳纤维尾撑钻孔组合夹具设计与应用

Design and Application of Drilling Assembly Clamp for XX UAV Tail Bar Made of CFRP

西北工业大学无人机研究所 蔡闻峰 周惠群 倪昌龄

[摘要] 结合设计图样及材料特性, 研究了一种用于加工碳纤维尾撑的工艺及钻孔组合夹具, 并阐述了其设计要点。

关键词: 无人机 树脂基碳纤维复合材料 尾撑 组合夹具 制孔

[ABSTRACT] According to the property of material and design drawings, a kind of machining process for CFRP tail bar and drilling assembly clamp are studied, and the key design points of the drilling assembly clamp are introduced.

Keywords: UAV Epoxy resin CFRP Tail bar Assembly clamp Drilling

某小型无人机采用上单翼、双尾撑、双垂尾、后推式气动布局, 其中采用套管螺栓连接在中翼上以支撑尾翼的碳纤维尾撑是无人机的重要承力构件。尾撑杆长约 2 000mm, 长细比大, 在飞行中承受弯、剪、扭等复合载荷。树脂基碳纤维复合材料具有比强度高、透波性能优良等特性^[1], 故尾撑杆多采用碳纤维和玻璃纤维缠绕而成的锥管结构。相对金属件的连接, 复合材料的连接接头是结构的薄弱环节, 据统计, 航空航天飞行器有 60%~80% 的破坏都发生在连接部位^[2]。因此, 提高碳纤维尾撑的制孔质量及连接可靠性, 对减轻结构重量, 提高飞行器性能, 促进复合材料在航空航天等领域的应用具有非常重要的意义。

1 尾撑加工方法分析

尾撑由材料不同的多个薄壁回转体零件组成, 由内向外是: 螺母(45)、接头(LY12-CZ)、衬套(LY12-CZ)、碳纤维尾撑杆(HD03/T700)等, 尾撑装配爆炸图如图 1 所示。为满足尾撑与中翼的互换协调, 各零部件之间采用紧固螺钉连接, 螺母、接头、衬套、尾撑上均有 8- ϕ 6H7 的精制孔, 连接精度高; 除螺母外各件均需铰孔, 制孔难度大, 且要求装配后尾撑的同轴度为 0.25。

在试制阶段, 设计、制造的尾撑钻孔夹具只能完

成尾撑上 8- ϕ 6H7 孔的钻制, 不能实现螺母上螺纹底孔 8- ϕ 4.2 的钻制, 衬套以及接头上 8- ϕ 6H7 孔的钻、扩、铰。各件上的孔均需按尾撑杆上的孔分工序配做, 其缺点是对使用者技能要求高, 但效率低, 劳动强度大, 且产品无互换性。



图 1 尾撑装配爆炸图

Fig.1 Tail bar assembly exploding

使用组合夹具, 可彻底解决尾撑制孔问题, 在钻孔组合夹具上分 3 次完成全部零件的钻、扩、铰等功能, 效率高, 经济效益好, 并且在分度盘精度足够高时, 各件之间可以完全互换。

2 尾撑钻孔组合夹具的设计

2.1 难点分析和工艺路线制订

尾撑杆由碳纤维缠绕而成, 碳纤维层间剪切、压缩强度低、抗冲击能力差, 钻孔时钻头轴向力过大时易造成构件分层、撕裂、起毛以及入口劈裂等缺陷。树脂基碳纤维复合材料的硬度(HRC62~65)与高速钢钻头常温硬度(HRC62~65)极为接近, 采用碳素工具钢或高速工具钢钻削, 刀具磨损快^[3]。首先, 制孔时应采用相应的刀具和合理的钻削参数, 以提高制孔质量; 其次, 还应保证孔的形、位准确度, 以满足组装后部件的同轴度和使用要求。

3 次装夹的加工工艺路线为: 螺母加工时, 其上 8-M5-6H 只制 1- ϕ 4.2 螺纹底孔, 加工时用做工艺定位孔; 用夹具一次装夹接头、衬套、尾撑杆, 按钻模板上相应钻套制 1- ϕ 4.2 孔, 安装螺母, 各件用 ϕ 4.2 定位销定位, 制 7- ϕ 4.2 孔, 取出螺母, 螺母用专用攻丝夹具攻丝 8-M5-6H; 用夹具一次装夹接头、衬套、尾撑杆, 用 ϕ 4.2 定位销定位, 按钻模板上相应钻套一次

钻、铰 $8-\phi 6H7$ 孔, 使用专用定位销定位。

2.2 夹具结构特点及工作过程

如图 2 所示, 碳纤维尾撑钻孔组合夹具主要由夹具体、三爪、钻模板、钻套、压板、V 型块、定位档块、分度盘、定位销等组成。夹具体上表面与各定位元件、功能元件连接, 下表面与机床连接; 钻模板可换位使用, 不同孔径可更换可换钻套; 侧向压板可沿工件径向运动, 选择合适的夹紧位置; V 型块间距和高度可调; 插

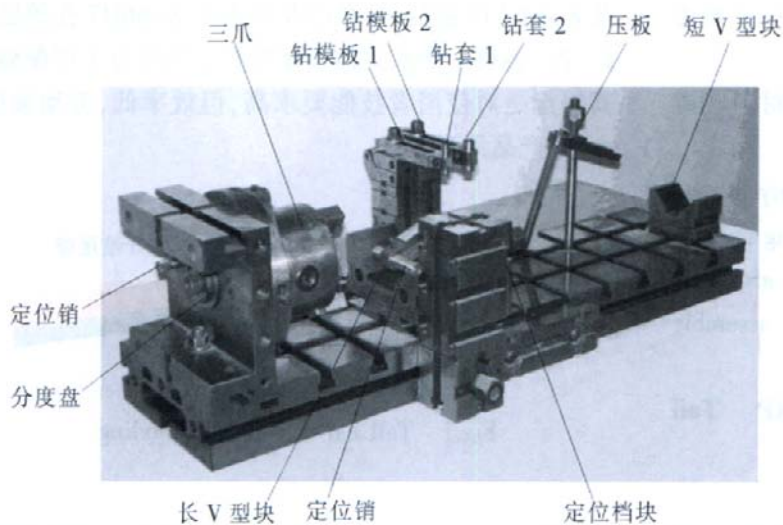


图 2 碳纤维尾撑钻孔夹具示意图

Fig.2 CFRP tail bar drilling clamp

销分度装置使夹具适于钻 4 个方向的径向平行孔。

将各件按装配顺序组装, 按接头上预制的基准线及定位孔, 用定位档块及定位销定位接头, 三爪夹持。尾撑杆用 V 型块定位, 压板压紧。

3 夹具设计要点

3.1 定位装置

尾撑在组合夹具上的定位是用三爪, 压板, 长、短 V 型块, 定位档块和定位销来限制其自由度的。按照接头上的定位基准线, 确定(用定位销)制孔的起始位置。接头上的凸缘端面定位(用定位档板)接头的横向位置。在较小的一端用定位套实现对接头外圆表面的定心定位, 并用三爪夹紧。接头、衬套、尾撑之间定位按零件凸缘端面、端面基准及内壁贴合定位。为确定尾撑杆定位基准——外圆表面中心线的位置, 用夹角为 90° 的 2 个支承平面组成的长、短 V 形定位块定位: 长 V 形块限制 4 个不定度, 用于较长外圆表面定位; 短 V 形块限制 2 个不定度。

3.2 夹紧装置

制孔时, 工件主要受径向力, 分度时, 受切向摩擦力, 故要求夹紧装置的夹紧力适当, 自锁性能可靠。为保证钻孔过程中工件保持已获得的定位, 需选择夹紧力的方向指向定位基准, 以避免工件在夹紧力的作用下产生加工误差。为减少组合夹具的体积, 对翼撑对接接头采取反爪夹紧。由于翼撑对接接头为薄壁回转体零件, 如直接夹紧, 会使翼撑对接接头产生变形, 为了减少夹紧变形可使用弹性衬套或薄壁衬套, 在夹紧措施上采取分散着力点和增加压紧件接触面积的措施。接头不大, 可直接用手动夹紧。尾撑杆采用压板压紧, 装卸工件方便、快捷。

3.3 转位和分度装置

尾撑要求在夹具的一次装夹中加工孔系。翼撑零件为回转体结构, 孔在其表面上按一定距离和角度分布, 需在夹具上安装分度装置, 减少装夹次数, 提高加工表面间的位置精度和生产效率。

针对产品结构特点, 钻孔组合夹具采用机械卧轴式回转体分度装置。分度盘与转轴相连, 带动工件一起转动。分度定位机构装在固定不动的分度夹具的底座上, 分度和定位采用轴向分度装置, 圆柱销定位。为防止制孔过程中产生振动及避免分度销受力而影响分度精度, 设计时应增加

锁紧机构, 用于把分度后的分度盘锁紧到夹具体上。

分度精度受分度盘上销孔或槽口等分误差的影响, 很难达到高精度。为实现高精度分度, 采用“误差平均效应”原理设计的分度装置, 分度精度不受分度盘上销孔或槽口等分误差的影响, 可达到很高的分度精度。

3.4 夹具与机床的连接方式

普通钻床的工作台只能沿 Z 方向上下移动, 不能沿 X、Y 方向移动, 此时, 钻孔组合夹具可自由安放在机床工作台上, 以低转速按钻模板上的钻套导向对刀后, 调整钻床主轴转速进行制孔。数控钻床的工作台可沿 X、Y、Z 方向运动, 夹具可用连接螺栓通过底座上的螺孔与工作台面固定。

4 制孔刀具及工艺参数

使用立式普通钻床, 采用整体式硬质合金麻花钻制孔, 孔的出口面加衬垫(衬套可起到衬垫的作用),

(下转第 91 页)

