喷油环微孔加工快换工装设计与应用

沈阳黎明航空发动机有限责任公司工装制造厂　（辽宁　110043）　罗　敏　申玉萍　胡东清

摘要：在喷油环的微孔加工中利用零点定位快换工装实现孔的数控自动化加工，通过零点定位系统实现夹具与机床的快速安装与拆卸，实现零件的离线装夹，减少零件装卸的占机时间，缩短夹具找正等的辅助时间。应用快换工装提高了喷油孔的加工精度和加工效率，最终满足喷油环流向试验要求。

*I*区喷油环是发动机六路总管之一，采用逆喷方式，前方有挡油板，燃油从喷油环喷出之后打到挡油板上，进行蒸发雾化。喷油环由中心直径680mm的薄壁环管、螺纹接头、三通接头及进油管组件焊接形成，环管上均布了24个ϕ0.56mm的喷油孔，提高喷油孔的加工精度，可使总管的燃油分布均匀，提高加力燃烧室的效率，同时也会延长总管的使用寿命。

1. 喷油环技术要求及加工中存在的问题

喷油环结构如图1所示，环管的中心平面为水平基准*D*，进油管为角向基准*K*，喷油孔对基准*D*及基准*K*的位置度要求≤1mm，各孔的流量不均匀性要求≤5%。由于喷油环为薄壁弹性件且直径尺寸公差大，整体焊接后变形量大，圆度及平面度不易控制，在自由状态下变形量更大，无法形成稳定的定位基准，因此电火花加工喷油孔过程中，喷油环无法准确安装定位，导致按照喷油环的理论位置编程打孔时，60%的孔位置偏离中心，偏离大时个别孔打不到环管上。因此，一直以来喷油环的喷油孔加工前，先利用人工划线的方法划出孔的中心点位置，再逐个找正划线点进行电火花打孔，由于孔径只有0.56mm，对操作人员的技能要求高，受人为因素影响大，综合上述各种因素，导致加工后的喷油孔的尺寸精度和位置精度无法保证，从而影响流量试验准确性及喷油均匀度，以致在后续流量试验过程中需要反复修孔。另外，由于进油管是打孔的基准之一，但加工进油三通两侧的孔时电极夹头与进油管干涉，因此打24个喷油孔分为两个工序，在焊接进油管之前先加工进油三通两侧各3个孔，焊接进油管之后再加工其余喷油孔，期间零件需要在两个工段间周转，加工精度和生产效率相对较低。

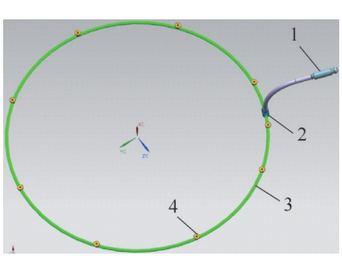

图1　喷油环结构图

1.进油管　2.三通接头　3.环管　4.螺纹接头

为解决上述问题，重新对喷油环工艺路线进行了梳理，通过控制导管管料长度来确保制造出的总管直径的一致性，在专用工装上划切端线，将环管的展开长度公差控制在1mm之内，直径公差就控制在0.3mm之内。喷油环上的9处螺纹接头焊接后对平面度影响很大，采用对称焊接的方法，焊后经轻微校正以减少焊接变形。同时改变喷油环逐孔划线、找正及打孔的传统工艺方法，设计带有零点定位系统的基础座及与之相配使用的高效快换工装，实现喷油环的准确定位，通过数控机床编程加工24个喷油孔，从而解决喷油环划线打孔、分两次加工等问题，提高零件的打孔精度和加工效率。

2. 零点定位快换工装的优点

早在20世纪60～70年代，国外就开始推广应用“1min换装”技术，快换工装利用零点定位系

统、快换托盘及快换夹具实现工装夹具与机床之间的快速定位和夹紧，减少机械加工中的辅助时间，其优点包括：

（1）零点定位系统具有误差自动找正功能，定位接头可以任意角度插入定位器，减轻了工人将定位接头对准定位器的找正工作量。

（2）零点定位系统是一个独特的定位和锁紧装置，能保持工件在工序间及机床间变换时零点始终保持不变，可以节省重新找正零点的辅助时间，保证工作连续性。

（3）零点定位系统的重复定位精度可以达到0.005mm，最大夹持质量可以达到10.4t，夹具换装时间由30min缩短为2min，零件加工精度可以大大提高。

（4）被加工零件可以实现离线装夹和找正，机床几乎没有空转时间，机床使用效率大大提高。

（5）零点定位系统可以使用液压系统也可以使用气压系统，0.45MPa的气压系统可以直接利用工厂的气源，使用非常方便。

3.带零点定位系统的基础座设计方案

基础座是机床与夹具间的连接装置，通过基础座上的零点定位器，可以实现夹具的快速精确安装与更换，节省夹具的安装、找正等辅助时间。基础座设计既考虑了喷油孔加工的电火花设备，同时也兼顾了工厂的加工中心设备，设计的基础座可以在上述设备间通用。经过对设备参数及加工零件的综合分析，同时了解前期零点定位快换系统在公司的制造与应用情况，选择了气压解锁的法兰安装型零点定位器，这种定位器装配和调整方便，安装高度更低，制造精度容易保证；同时，该定位器通过弹簧力进行机械锁紧，气压解锁，解锁压强只要0.45MPa，符合工厂的动力源要求。

考虑到零件加工的尺寸范围，基础座在不同设备间的通用性，基础座设计为方形，基础座上设计了5个零点定位器，保证了基础座与打孔夹具既有较高的定位精度又有足够的拉紧力，中心1处用于定心，其余4处沿ϕ410mm圆周均布，5个零点定位器的平面度要求≤0.005mm，对底面的垂直度及相互间的位置度≤0.01mm。基础座的底面设计有ϕ60mm的心轴，心轴与电火花数控机床台面的中心孔小间隙配合，最大间隙≤0.02mm，使机床的中心轴线与基础座的中心轴线重合，适用于喷油环的分度打孔。基座上开有4个与设备安装的螺钉孔窝，既可以用T形槽螺钉压紧，又可以用压板压紧，可满足不同设备的安装要求。

零点定位器结构如图2所示，为钢球自锁安装系统，滚珠从三个方向被裹夹，所以定位销得以稳固的锁紧在定位器中，此系统与其它方法相比有锁紧容易、反应速度快及定位准确等优点，锁紧结构为机械锁紧，气压解锁，强力的碟形弹簧保证了最大的锁紧力和拉紧力。使用时通过基础座上的通气阀对基础座内部进行加压，通过气压驱动安装在基础座上的5个锁紧套，当气压达到锁紧套解锁压强后，锁紧球在内部机械结构作用下自动由中心向四周移动，释放锁紧套中心空间，然后将夹具定位接头插入快换基础座定位孔内，确保定位销完全进入后停止供气，释放快换基础座内气压达到普通大气压后，快换基础座内的定位锁紧套结构发生作用，使定位锁紧球自动移向中心，锁死定位接头，定位夹具。

4.喷油环打孔夹具设计方案

根据喷油环的结构特点，结合喷油环在发动机中的装配状态，打孔夹具以环管的底面作为平面定位基准，以环管的内圆作为径向定位基准，以进油管为角向定位基准，夹具的具体结构如图3所示。为消除焊接变形对打孔的影响，打孔夹具采用楔式定心胀紧机构。8个胀紧定位块组成一个圆环，相互之间留有适当的间隙，利用胀紧定位块与锥体锥面的相对移动，使胀紧定位块同时等速移近或离开，从而达到定心胀紧喷油环的目的，消除管路弯曲、焊接时的变形，均分工件公差，提高喷油环的定位精度。零点接头与基础座的零点定位器相配合，实现夹具的快速换装。

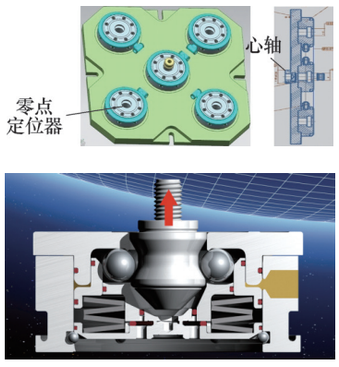

图2　基础座及零点定位器结构示意图

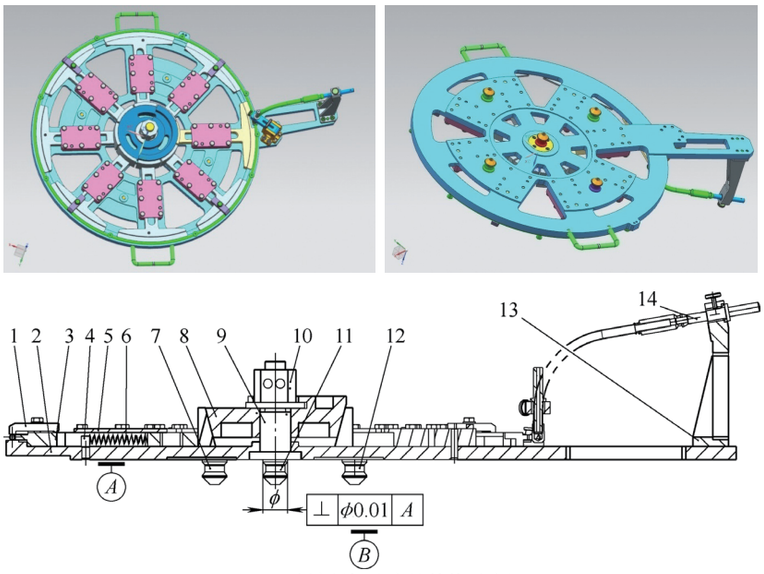

图3　喷油环打孔夹具结构示意图

1.压板　2.底座　3.胀紧定位块　4.挡销　5.导向板　6.弹簧　7.紧固接头
8.锥体　9.螺柱　10.螺母　11.定位接头　12.单向接头　13.支座　14.定位销

底座是夹具的基础部件，其它各个零件以一定的装配关系有机地组装在底座上，并通过底座下基准面与基础座零点定位器表面接触，底座的上基准面与喷油环的环管基准平面接触，对喷油环起定位支承作用，利用压板压紧喷油环。底座的平面度要求≤0.01mm，以满足喷油孔最终的垂直度要求。

胀紧机构既起定位作用又起压紧作用，胀紧机构采用楔式胀紧，设计有8个胀紧定位块、在导向板和底座形成的滑道间滑动。螺母装配在锥体槽中，两者同时运动。胀紧机构的工作原理：用扳手拧紧螺母，螺母在转矩的作用下带动锥体向下运动，并使8个胀紧定位块同时等速径向向外运动，从而胀紧被加工零件的内径。胀紧定位块分8块（胀紧定位块数量要根据被加工零件直径相应增加或减少），沿底座和导向板之间的滑道滑动。导向板用螺钉和销子装配到底座上，两件之间构成60H7/f7、12H7/f7的滑道。松开螺母，螺母带动锥体向上运动，弹簧弹开，推动8个胀紧定位块回退，与被加工工件的内径分开，可以将零件取出。由于喷油环是薄壁管件，为防止力矩过大将零件胀变形，在底座上设计限位孔，与胀紧定位块的限位外圆相配，当胀紧定位块胀到喷油环的理论位置时，定位块限位外圆与限位孔接触，定位块停止运动，可以保证每次加工中胀紧量一致，保证喷油孔加工的一致性。夹具通过定位销定位进油管内孔，实现喷油环的角向定位。

夹具设计有5个零点定位接头，通过这5个接头与基础座的5个零点定位器相配，实现夹具与基础座的快速安装，其位置与基础座的5个零点定位器一致，定中心的定位接头限制X、Y方向的自由度，并作为参考基点，对底座基准面的垂直度要求≤0.01mm；角向定位的单向接头只限制旋转方向的自由度，对定位接头的位置度要求≤0.01mm；紧固接头只起增加夹紧力的作用，用以实现基础座与打孔夹具的固紧，对定位接头的位置度要求≤0.03mm。

5. 喷油环打孔快换工装的应用及效益

快换工装应用时，首先将基础座安装在数控电火花机床上，找正零点定位器的内孔及端面，确定机床编程的零点及坐标系，将打孔夹具上的零点接头与基础座上的零点定位器大致对齐，快速安装好夹具，将快换基础座的进气阀门与供风系统相连，打开空气阀，待快换基础座上的钢球自锁系统完全打开后，将夹具向快换基础座方向推入，使快换基础座与夹具上的钢球自锁系统紧密配合，断开进气阀门与供风系统的连接，待快换基础座内气压降至额定压力后，钢球自锁系统完全锁死，夹具固定完成，夹具与快换基础座的连接及定位靠5处零点定位系统完成，不需要找正及压紧过程。

与普通打孔工装相比，使用零点定位系统的快换工装，工装装夹和找正时间由30min减少到5min，基础座首次安装找正后，再次安装在设备上无需找正，直接加工，可以实现离线安装，占用设备时间仅为5min左右，减少了设备的停机时间，提高了设备的利用率，定位精度达到0.01mm以内。

应用快换工装加工喷油环的喷油孔，实现了孔的数控自动化加工，取消了划线打孔工序，消除了人为因素影响，通过楔式

机械式双轴转台的装配

沈阳机床（集团）有限责任公司　（辽宁　110142）　徐吉存　陈洪军　罗和平　化春雷

摘要：PTC机械式双轴转台为五轴加工中心的重要功能部件，可应用于立式或卧式五轴加工中心。其主要装配过程包括*A*轴、*C*轴两大部分，*A*、*C*轴组合装配及定位精度检测调整等过程。

机械式双轴摆台由我公司设计研究院设计制造，具有*A*、*C*双轴结构，其中*A*轴为摆动轴，*C*轴为回转轴。其工作台尺寸为ϕ400mm，*A*轴转速为35r/min，*C*轴转速为41r/min，产品定位精度要求±5″，重复定位精度4″。本文的主要内容为PCT40转台的主要装配过程。

1. *C*轴部装配

*C*轴的主要组成部分为*C*轴箱体、工作台和凸轮机构。其动力来源为西门子伺服电动机，通过传动齿轮传递到凸轮杆上，再由凸轮杆传递到凸轮轴轴上，凸轮轴带动与其连接的工作台转动，工作台的回转范围为360°。*C*轴部装配结构如图1所示。

由于转台的动力由齿轮结构及凸轮结构传递，在传递过程中势必要造成功率损失。为了降低电动机功率损耗，必须要消除传动齿轮间隙、凸轮轴与凸轮杆间隙。

（1）凸轮结构间隙调整：①利用轴承加热工具加热轴承，并将其安装于凸轮杆两端。②在轴

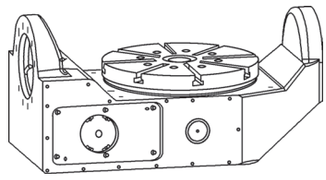

图　1

定心胀紧机构定位胀紧喷油环薄壁管件的内径，对喷油环进行校圆，消除了管路弯曲、焊接时的变形，提高了定位精度，一次找正就可以完成整圈24个喷油孔的加工，孔的一致性较好，提高了喷油环喷油孔的加工精度和加工效率。通过设计直径更小的电极夹头，解决了喷油环的两次打孔问题。

6. 结语

零点定位快换工装在喷油环打孔中的应用，校正了管路弯曲、焊接时的变形，提高了喷油孔的加工精度和加工效率，实现了喷油环的无干预数控加工，从而提高了喷油环喷油方向的准确性，喷油均匀度好，减少了孔的修正量，提高加工效率5倍以上，产品合格率达100%，工人劳动强度降低80%。

应用零点定位快换工装的效益是多方面的，直接的效益是提高了工装的换装效率，增加了设备的有效工时，实现了离线装夹，使零件的加工和装夹同时进行，大大提高了零件加工的工作效率，使零件的加工工艺和生产模式产生了重大变化，精密的定位精度和快速装夹可减少零件的装夹次数，提高零件的加工效率与精度，缩短机械加工中的辅助时间，实现了随时更换加工产品的需求，为实现敏捷制造、柔性生产奠定了基础。

参考文献：

[1] 戴曙．金属切削机床［M］．北京：机械工业出版社，1996.

[2] 李文卓，颜国正，于云霞．微细喷油孔电火花加工机床的研制［J］．中国石油大学学报，2008，32(1)：82-85.

[3] 练宏俊，赵利军，许峰．基于零点工装的数控加工中心零件快速装夹［J］．机电一体化，2012，18(7)：81-83.

MW（收稿日期：20171126）