活门偶件配套方法

西安航空动力控制公司　（陕西　710077）　张大伟　赵兴龙　赵小锋　张　晶

摘要：研究活门偶件常见的技术条件，对配套工艺进行分析，找到一种新的配套方法，降低了加工难度和劳动强度，加工成本低且测量方法简单、可靠，活门偶件一次配套合格率大幅提高。

在机械产品中，活门偶件是指互相配合且要求很高的轴套配合件。在航空发动机燃油调节器中，活门偶件作为产品性能件，起着至关重要的作用，在配套时只能靠选配方式来进行，几乎没有互换性，一个活门只能对应一个衬套。航空航天用的精密活门偶件所要求的尺寸精度、圆度、间隙精度都达到微米级，可以说配套难度相当大。为此，我们寻找出一种新的配套方法，可以实现活门偶件的局部互换性，提高了配套合格率及效率，降低了加工难度。

1. 零件分析

以某燃油分布器活门为例，分析活门与衬套在加工中出现的问题及影响到的各尺寸及形位公差。零件设计图如图1所示，研磨ϕ12mm保证间隙0.010～0.014mm，表面粗糙度值R_a≤0.1μm。

此活门偶件间隙为0.010～0.014mm，在配套时通常采用的是基轴制原则，即在活门与衬套单件加工时给定活门外圆尺寸为$\phi12.014_{-0.011}^{0}$mm，圆柱度0.002mm，表面粗糙度值R_a=0.1μm；衬套内孔先加工至$\phi11.98_{0}^{+0.022}$mm，表面粗糙度值R_a=0.2μm，留余量在组件中加工。在组件中采用以给定的活门外圆尺寸作为基轴制，加工衬套内孔保证配套间隙，采用研磨加工来进行配套，在研磨内孔前，先量出每件活门的实际尺寸并记录，根据每件活门外圆的实际尺寸值来研磨衬套内孔，以保证间隙0.010～0.014mm。这样加工，也是可以配套出符合设计图要求的活门偶件的，但是根据活门外圆尺寸批量研磨衬套内孔的配套方法有以下3个弊端：①配套出的活门偶件是唯一的，也就是说在一批活门偶件里，一个活门对应一个衬套，不具有互换性。②间隙公差只有0.004mm，无形中把衬套内孔公差加严，增加配套难度，而且易造成超差品。③在大批量生产中，增加劳动强度，加工效率低。因此，必须寻找出一种更好的配套方法来提高活门偶件一次配套合格率。

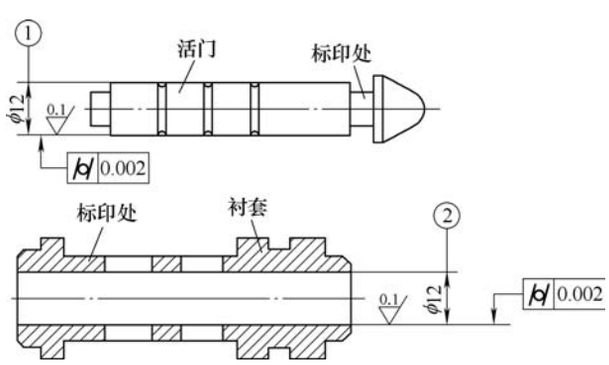


图1　某产品燃油活门设计图

2. 活门偶件常见的技术条件及分类

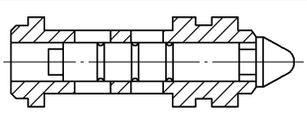
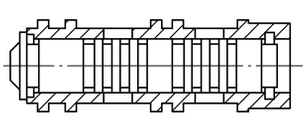
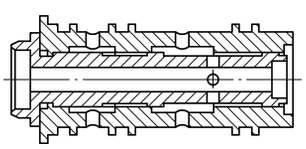
活门偶件中，活门与衬套之间在几微米甚至更小的间隙情况下工作，同时要求运动灵活，这对活门与衬套的配套要求非常高，不但要保证活门内孔与衬套外圆的尺寸要求，还要保证其各自的形状精度与位置精度。航空零件常见的活门外圆与衬套内孔

表面技术条件如表1所示，常见的活门偶件分类如表2所示。

表1　航空零件常见的活门外圆与衬套内孔表面技术条件（单位：mm）

技术条件		活　门	衬　套
尺寸精度		IT5～IT7	IT6～IT8
形状精度		0.001～0.003	0.001～0.003
位置精度	⊥	0.005～0.010	0.005～0.020
	／	0.002～0.003	0.005～0.015
	⊕	按图样要求	0.005～0.015
表面粗糙度值R_a/μm		0.10～0.025	0.10～0.20
配合间隙		0.005～0.014；0.01～0.016；0.02～0.03	
其他要求	灵活性	在任意方向上，在自身重量作用下，活门在与之相配的衬套中均可灵活地下到底	
	漏油量	不允许超过规定的值	
	冰冷处理	有的组件有要求	

表2　常见的活门偶件分类表

示意图	运动形式	简要受力	实例
	往复运动	承受轴向弹簧力、油压	定压活门、压差活门、燃油分布器
	往复运动、旋转运动	承受轴向弹簧力、油压、离心力	分油活门
	往复运动	承受高压、油压	回油活门

3. 配套工艺方法分析

通过一系列的研究与实践，我们最终找到了一种适合于大批量生产的活门偶件提高一次配套合格率的工艺方法。

（1）单件加工：先给定活门外圆尺寸$\phi 12.014_{-0.011}^{0}$mm，圆柱度0.002mm，表面粗糙度值R_a=0.1μm；衬套内孔先加工至$\phi 11.98_{0}^{+0.022}$mm，表面粗糙度值R_a=0.2μm，留余量在组件中加工。

（2）活门分组：对活门外圆尺寸进行分组，将活门外圆按每0.003mm间隔分一组，一共分4组，为后续配套做准备。活门外圆尺寸分组如表3所示。

表3　活门外圆尺寸分组表

组别	0	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
外圆①直径ϕ/mm	12.003	12.006	12.009	12.012
	12.004	12.007	12.010	12.013
	12.005	12.008	12.011	12.014

（3）组件研磨衬套：将衬套内孔研磨至$\phi 12.015_{0}^{+0.011}$mm，圆柱度0.002mm，表面粗糙度值R_a=0.05μm，等待与分组后的活门尺寸配套。

（4）配套：活门与衬套的设计图如图1所示，活门与衬套在各自单件加工中的图示位置已标印了批次号、顺序号，以便在配套时区分各自零件对应的尺寸实际值及组别。批次顺序号由各生产单位自行规定标法。通过活门与衬套分组尺寸可以实现分组式互换性原则，如表4所示。

由表4可以看出，每个组别的活门最小值与衬套最大值组成间隙最大值0.014mm，活门最大值与间隙最小值组成间隙最小值0.010mm，也就是说，在一个组别内，活门与衬套具有互换性。通过活门与衬套尺寸分组配套，不但可以精确地保证配套间隙，单件尺寸也不用压缩公差，只要两个单件各自保证尺寸，就可以在组件中分组互换，测量与分组一同进行，不但提高了零件质量，还大大提高了生产效率。我们现在通过填写活门偶件质量保证单来记录活门外圆①与衬套内孔②尺寸的实际值及活门偶件间隙值。质量保证单是用来记录活门偶件配套实际尺寸的纸质文件，质量保证单上记录的尺寸值可以为整个配套加工、检验以及日后的查阅工作带来很大的便利。

通过测量活门衬套的实际尺寸值，并根据配套表的相应尺寸进行分组，同一组别的活门与衬套即可保证间隙要求，最后对应零件标印处的标号将实际尺寸记

表4　活门衬套分组配套表

组别	活门外圆①直径ϕ/mm		衬套内孔②直径ϕ/mm		间隙/mm
Ⅲ	12.014	$12.014_{-0.011}^{0}$	12.026	$12.015_{0}^{+0.011}$	0.010～0.014
	12.013		12.025		
	12.012		12.024		
Ⅱ	12.011		12.023		0.010～0.014
	12.010		12.022		
	12.009		12.021		
Ⅰ	12.008		12.020		0.010～0.014
	12.007		12.019		
	12.006		12.018		
0	12.005		12.017		0.010～0.014
	12.004		12.016		
	12.003		12.015		

录在质量保证单上，由配套工人和检验员签字盖章确认，配套完成。

4. 活门与衬套的测量

活门外圆尺寸值、锥度、椭圆度通常采用指示千分尺测量，用标准样件对好指示千分尺后，可直接在指示千分尺上读出尺寸值、锥度和椭圆度。衬套的测量：衬套内孔的尺寸值、圆柱度、锥度通常采用气动量仪测量，将气动量仪测头放入内孔中，选取几个截面，在每个截面上旋转零件，读气动量仪浮子刻度值，取其最小值为内孔尺寸值，最大值与最小值之差的1/2为圆柱度，内孔进口与出口尺寸值之差为锥度。直线度需采用专用直线度量规测量。直线度量规如图 2 所示。直线度量规为一组，每支量规间隔0.001mm，根据内孔实际尺寸，选用比内孔实际尺寸小0.002mm的量规进行测量，在内孔表面涂干净的滑油，对正内孔表面，量规能灵活顺利通过内孔则合格。

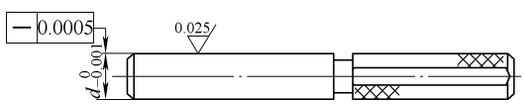


图2　直线度量规

在使用此配套方法配套后，连续抽取10组偶件，对其间隙值的稳定性做了统计，结果如图3所示，表明间隙值非常稳定，合格率很高。

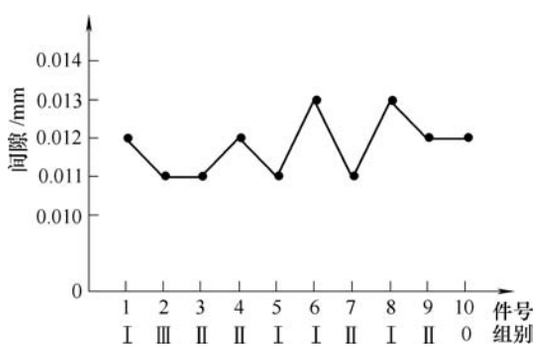


图3　活门偶件间隙值随机抽查统计结果

5. 结语

这种新的配套方法通过对活门外圆尺寸和衬套内孔尺寸进行分组，不需要压缩单件尺寸公差，即可保证配套要求，在个别组内可进行局部互换，降低了加工难度和劳动强度，加工成本低，而且测量方法简单可靠，活门偶件一次配套合格率从之前的不到40%提高至现在的95%以上。经过统计分析，这种配套方法得出的间隙值大部分都在中差范围内，很少有达到极限值的，有利于后期的修理和重新配套，不用更换新件，降低修理成本，而且完全可以满足各单件的尺寸及形位公差要求，并可推广至公司每个活门偶件加工单元。**MW**

（收稿日期：20150901）

专家点评

文章以航空发动机的活门偶件为例，以前配套时只能靠选配方式，一个活门只能对应一个衬套，几乎没有互换性。新的配套方法通过对活门外圆尺寸和衬套内孔尺寸进行分组，不需要压缩单件尺寸公差，既可保证配套要求，又可进行局部互换，降低了加工难度和公差等级，具有一定的实用价值。