

航空发动机高压止推轴承腔密封分析及保证

Seal Analysis and Guarantee of Aeroengine High-Pressure Thrust Bearing Chamber

中航工业西安航空动力股份有限公司发动机大修理厂 周清理 孙敏 陈虹
中航工业西安航空动力股份有限公司 王兆清

[摘要] 针对在外场使用和台架试车中多次出现高压止推轴承腔密封失效故障,结合高压止推轴承腔滑油系统工作原理、密封结构和装配工艺特点,对高压止推轴承腔密封失效故障进行机理分析,结果表明:严格控制篦齿和涨圈滑油密封尺寸、量化密封剂稀释配比、明确密封剂涂覆和紧固件拧紧要求、加强装配难点部位控制,可提高高压止推轴承腔的密封可靠性。

关键词: 高压止推轴承腔 密封失效

[ABSTRACT] In the view of the multiple occurrences of the seal failure trouble of high-pressure thrust bearing chamber in out-field and running, combining with the working principle of high-pressure thrust bearing chamber oil system, sealing structure and the feature of assembly technology, with mechanism analysis of the seal failure of high-pressure thrust bearing chamber, the results show that strict control of the oil seal size of labyrinth and piston ring, quantizing the dilution ratio of seal agent, clarifying the requirement of seal coating agents and the tightening of fasteners, reinforcing the control of the difficult parts assembly can improve the seal reliability of high-pressure thrust bearing chamber.

Keywords: High-pressure thrust bearing chamber Sealing failure

发动机高压止推轴承是高压压气机转子后支点,高压止推轴承腔位于扩散机匣内,在外场使用及台架试车中常出现轴承腔密封失效故障,降低了发动机使用可靠性。

本文从故障现象出发,结合高压止推轴承腔滑油密封系统的结构特性,分析工艺特点,梳理装配难点,对其故障进行调查、分析和论证,确定关键因素,有效解决了发动机高压止推轴承腔密封失效故障。

1 故障现象

高压止推轴承腔密封失效是指发动机工作时润滑高压止推轴承的滑油外泄,故障主要表现为:

(1) 发动机试车过程中发现低压冷却空气出口喷

滑油并冒白色烟雾,外涵道后段与排气混合器机匣结合

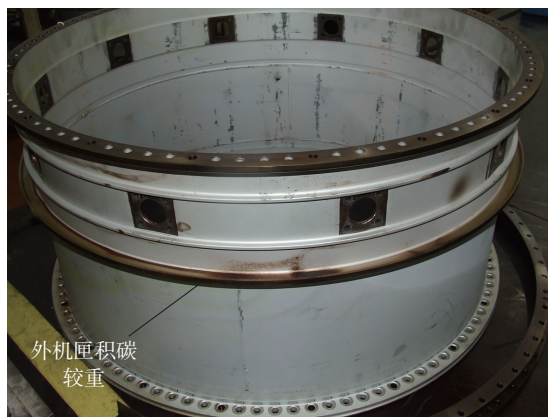


图1 高压止推轴承腔密封失效分解后故障现象

Fig.1 Trouble phenomenon of seal failure of high-pressure thrust bearing chamber after breaking up

面有滑油渗漏。故障现象如图1所示。

(2) 发动机冷转停车后检查发现高压止推轴承回油管处漏油。

2 高压止推轴承密封结构分析

2.1 润滑系统

从供油路到中心滑油管的高压滑油,通过螺纹油滤后,在离心力的作用下,经中心滑油管中段、中介轴、中介轴承、锁紧套筒及球形联轴器的径向孔进入中介轴承腔中,该腔内的部分滑油经过高压后轴和前滑油密封套

筒上的径向孔进入高压止推轴承腔中冷却、润滑高压止推轴承。润滑后的滑油在重力作用下经高压止推轴承座前、后安装边之间下方的一个小管豁口流入穿过扩散机匣偏下方5号空心整流支板的回油管进入回油系统。该轴承腔内右上方位置设置油气管,密封空气的大部分由油气管送到高速齿箱中经离心通风器排出机外。

2.2 密封结构

高压止推轴承腔主要由轴承座、止推轴承、调整垫圈、前中后滑油密封圈、5根外形相同的滑油管、油气管、环形波纹垫等组成。高压止推轴承座前后2个小安装边之间的部分小管,与5根滑油管、油气管、调整垫圈、高压止推轴承外钢圈安装边和各密封圈上的通孔构成滑油和油气通道;5根外形相同的滑油管、油气管,即高压止推轴承滑油回油管、油气管,高压涡轮轴承滑油进、回油管和油气管,分别穿过扩散机匣5个空心整流支板,且每根管子外有一外套管。

高压止推轴承腔密封系统采用间隔腔引入冷却空气保护轴承腔,防止热空气高温传给轴承,同时起到增压密封作用。

轴承腔的前、后部流通有引自低压压气机出口冷却空气。5根滑油管、油气管上的外套管通外涵空气,使各油管与高压出口热空气隔开。密封结构上,采用篦齿式、涨圈式、橡胶圈式和密封剂密封。其装配工艺特点为:

(1) 前挡油装置。

高压前滑油密封圈、高压止推轴承外圈和调整垫圈法兰边端面贴合,安装在高压止推轴承座前小法兰安装边端面上,装配时结合面涂覆密封剂,用螺栓紧固。高压前滑油密封圈前法兰端面装有环形波纹垫,分别与5根滑油管、油气管贴合,用螺栓固定。

高压前滑油密封圈与高压后轴前密封套筒构成滑油篦齿密封。

高压后轴内装有形成低压冷却空气通道的空气导管,其后段上装有橡胶圈,防止通往高压止推轴承腔的滑油泄漏。

(2) 后挡油装置。

高压中、后滑油密封圈与高压止推轴承座后小法兰安装边端面贴合,装配时结合面涂覆密封剂,用螺栓紧固。高压后滑油密封圈与高压涡轮轴承供、回油和油气管贴合端面上分别装有波纹垫,用螺栓紧固。

高压中、后滑油密封圈分别与高压后轴上的后滑油密封套筒外径构成滑油篦齿密封。

高压转子联轴器 and 固定联轴器的锁紧套筒上均装有涨圈,分别与后滑油密封套筒和联轴器内径配合,构成滑油涨圈式密封。

3 故障影响因素及分析

3.1 密封件尺寸影响

(1) 篦齿式密封装置在工作中磨损,导致配合间隙增大,挡油效率降低。过多的外泄滑油会随着低压冷却空气向后流动,并从低压冷却空气出口排出,另外泄漏的滑油也会从各支座、机匣下方结合面渗出进入外涵道。

(2) 篦齿与衬套的偏心造成密封间隙不均匀,产生圆周局部摩擦,聚集的摩擦热使密封件发生失圆变形,影响密封效果。

(3) 涨圈密封是接触式圆周密封。工作时,靠涨圈本身弹力和流体压力作用,使涨圈外圆紧贴在壳体上,一端面贴合在涨圈槽一侧产生相对运动,以达到密封效果。如果涨圈外径、厚度及涨圈槽有磨损,会导致涨圈

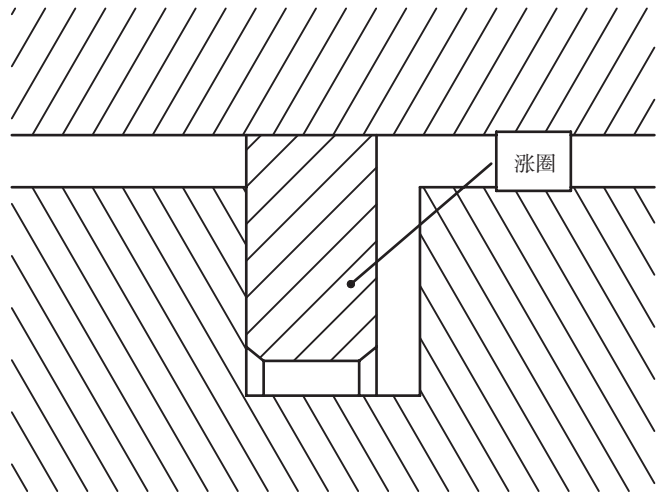


图2 涨圈密封示意图

Fig.2 Diagram of piston ring seal

外圈与相配壳体之间产生间隙或涨圈在槽内歪斜,造成滑油泄漏^[1]。涨圈密封如图2所示。

3.2 密封剂密封端面影响

(1) 密封端面存在划伤、腐蚀等,导致密封面贴合不良,也会影响密封效果。

(2) 密封剂涂覆的厚度、均匀、稀释比例等会直接影响密封效果。

(3) 涂覆密封剂各封严件紧固螺栓的力矩控制,避免力矩衰减,必须对该处紧固螺栓进行一定时间间隔的重复限力。

故障发动机分解后发现高压止推轴承腔中间滑油密封组件与高压止推轴承座结合面上没有密封剂涂覆后的遗留痕迹。通过规范密封剂涂覆要求,量化稀释配比和检查要求,拧紧紧固螺栓分次限力等措施。经台架试车验证,高压止推轴承腔密封失效故障排除。

3.3 装配难点部位的影响

装配难点部位是指受零件结构限制,装配部位目视不可及,装配位置状态难控制等。具体部位如下:

(1) 高压止推轴承、前滑油密封圈、调整垫圈和波纹垫用螺栓连接在一起,压装到高压转子后轴上。总装配时将装有 5 根滑油管、油气管的扩散机匣组件,通过吊装工具装配到高压转子止推轴承和高压机匣安装边上,再将 5 根滑油管、油气管分别与装在前滑油密封圈上的波纹垫位置对准,然后装配中、后滑油密封圈,最终通过 20 个长螺栓将 5 根滑油管、油气管、前滑油密封圈、调整垫圈、高压止推轴承、高压止推轴承座、中、后滑油密封圈固定在一起。

由于结构限制及对接零件多,5 根滑油管、油气管与装在前滑油密封圈上的波纹垫位置对准处均目视不可见,装配位置状态难控制。装配不当,很容易引起波纹垫翘起变形,使密封失效,导致高压止推轴承腔内的滑油从管子结合面处泄漏出来,在台架试车中具体表现为发动机冷转停车后高压止推轴承回油管处漏油。

故障发动机分解后发现装在高压止推轴承前滑油密封圈法兰端面上的环形波纹垫翘起变形,使高压止推轴承回油管装在波纹垫与前滑油密封圈之间,波纹垫未起到应有密封作用,导致高压止推轴承回油管处漏油。通过装前对环形波纹垫表面质量控制,规范 5 根滑油管、油气管装配,并按时间间隔对密封件紧固螺栓进行分次限力拧紧。经台架试车验证,高压止推轴承腔密封失效故障排除。环形波纹垫翘起变形如图 3 所示。

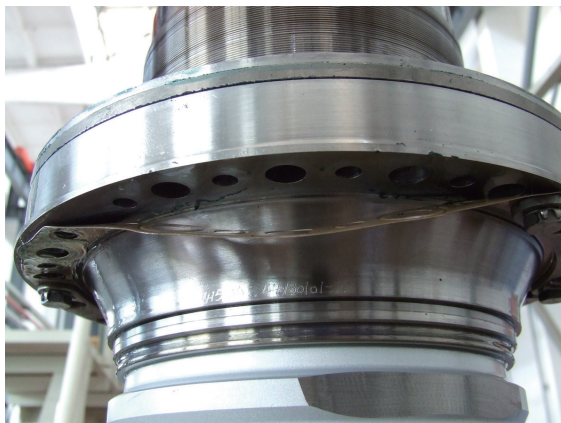


图3 环形波纹垫翘起变形

Fig.3 Camber deformation of annular corrugated gasket

(2) 高压转子后轴内空气导管的装配。空气导管后精密外圆面装有橡胶圈,然后借助装配工具将空气导管压装至后轴内孔上时,由于后轴内孔长度长约 470mm,与后轴内孔配合面长约 21mm,且均目视不可见,装配时容易发生歪斜,导致通往高压止推轴承腔滑油泄漏,随

低压冷却空气通过后轴内孔进入高压止推轴承腔前部空间,最终可导致低压冷却空气出口、外涵道和高压止推轴承回油管处有漏油痕迹。

4 保证措施

(1) 细化篦齿滑油密封配合间隙检查要求,要求沿圆周均布 8 点测量。装配后进行同心度检查。

(2) 增加涨圈间隙检查要求,细化涨圈厚度与相配件槽宽尺寸检查要求,要求均布 8 点测量。

(3) 细化密封剂涂覆要求,明确密封剂与丙酮的稀释配比及检查要求。即按需涂密封剂零件的面积大小用丙酮稀释适量的密封剂,密封剂与丙酮稀释体积比约 2:1,稀释均匀;使用清洁的、大小合适的画笔将密封剂点涂到两结合面上,要求薄薄的均匀涂覆一层,涂覆后零件表面有淡淡的蓝色为宜,涂覆后放置约 10~15min 后进行装配。

(4) 高压止推轴承腔最终装配前仔细检查调整垫圈应光滑、无毛刺和异常凸起;检查环形波纹垫应无翘曲现象;装配扩散机匣前,从内侧先将 5 根滑油管、油气管穿过扩散机匣 5 个空心整流支板,并彻底向外拉出,待扩散机匣装到位后,从外侧将滑油管、油气管翻转 180°,再向内向后轻推到位,手感不能有弹力或卡滞现象,然后上、下轻轻晃动管子无阻滞,即管子不损伤波纹垫并正确贴合。

(5) 涂覆密封剂的表面结合处紧固螺栓分别以 4N·m、8N·m、12N·m 分次逐步拧紧。在螺栓达到 12N·m 拧紧力矩后,间隔 30min 再次拧紧,共重复 3 次,直到连续测得 3 次稳定的力矩,在最后一次检查力矩稳定后,应停放 5h 后再次检查力矩,力矩不应有衰减。

(6) 压装高压转子后轴内空气导管前,为防止装配歪斜,应在后端定位直径和橡胶圈上涂覆硅脂润滑,再用装配工具将空气导管压装至后轴内。

5 结论

通过对高压止推轴承腔密封分析,找出了密封件尺寸、密封端面密封剂涂覆、螺栓力矩衰减及难点部位装配是导致高压止推轴承腔密封失效的主要原因。并有针对性地提出了保证措施,即控制密封件尺寸、量化密封剂稀释配比、明确涂覆及紧固件分次限力要求、加强装配难点控制,可有效控制高压止推轴承腔密封失效的发生。

参考文献

[1] 机械设计手册编委会. 机械设计手册(第 2 卷): 密封件、密封与润滑. 北京: 机械工业出版社, 2004. (责编 深蓝)