

实践经验

内窥检测技术在航空发动机维护中的应用

董务江 张立勇 杨宝继
(新疆航空公司, 乌鲁木齐 830016)

APPLICATION OF INTERNAL INSPECTION TECHNIQUE TO MAINTENANCE OF AIRCRAFT ENGINES

Dong Wujiang Zhang Liyong Yang Baoji
(Xinjiang Airlines)

随着现代科学技术的发展,内窥检测技术愈来愈多地应用于电子、工业机械、船舶工业等各个方面。它不需拆卸、破坏被检部件就能方便地观察到从外部看不到的部分。在航空发动机的维护中主要用于对发动机涡轮叶片、压气机叶片和燃烧室的检查,这对于提高发动机的使用率及保证安全性和可靠性起着不可忽视的作用。

1 现状

当今民用航空器多使用高涵道涡轮风扇发动机。它主要由风扇、压气机、燃烧室、涡轮及附件系统组成,其综合性能的好坏是保证民用航空器利用率和飞行安全的重要因素。在以往的几十年里,民用航空器维修的主要方式是定时(HT)维修。它要求设备或零部件按照适用的手册进行定期维修。这就造成一些设备或部件在使用状态较好时,因到规定的使用时限而拆换,造成人力和物力上的浪费。随着先进民用航空器和发动机的引进及科学技术的发展,视情(OC)维护很快在民用航空器中得到广泛的应用。它要求定期地对设备或零部件对照某些物理标准进行定期检查和检验,以确定其在下一个计划的检查或检验周期之前能否继续使用。

2 缺陷的判定

用内窥镜检查航空发动机时,由于内窥镜观察角度视野的不同,观察的范围和角度就不一样,物距不同,放大倍率也不一样。如 OLYMPUS C08021-012-090-60内窥镜,从目镜到物体的距离在51mm时放大倍率为1:1,物距>51mm时放大率减小,反

之则相反,其缩小率和放大率与距离有关。同时由于叶片型面和位置的不同,转子转动时,叶片与内窥镜的距离发生变化,照明光线束的迎角跟着发生变化;内窥镜插入深度变化时,观察效果也发生变化。在内窥检查时怀疑部件有损伤,如划伤、裂纹、压坑、凹坑及表面涂层脱落等时,检验人员应注意上述因素和变化,采用改变内窥镜的光源强度(300W弧光灯的光源能产生更逼真或准确的颜色)或利用各种内窥镜和改变怀疑有缺陷部件的内窥观察位置等以作出正确的判断,是裂纹还是污迹、是尖锐的缺口或是平滑的凹坑、是金属丢失还是颜色变化。当检查出损伤后,接下来就是对损伤的评估。正确地评价损伤的程度,对航空发动机的维护和使用是很关键的,它可以保证航空发动机在检测周期内的正常使用。某航空公司在对A310-2303号飞机发动机进行内窥检测时,发现一燃烧室有问题,由于正确的判断,避免了发动机的提前吊发,仅此一项为公司节约100万美元。

损伤评估的基本方法有:

(1) 利用同类发动机全尺寸剖面作参考,用直尺和照相机拍照再进行比较测量。

(2) 样品叶片内窥观察法,即将转子转到缺陷观察的最佳位置,在一片样品叶片上描画出与损伤叶片相似的形状,并将此叶片放在发动机外部安装损伤叶片的相应位置,用内窥镜在同一位置对内外叶片进行观察以确定叶片的损伤程度。

(3) 利用视频系统进行比例换算以确定损伤的大小和范围,其标准是依据发动机制造厂家制定的内窥检查手册。例如RB211-535-E4发动机在内窥检

查手册中给出相关叶片的轴向、径向尺寸,CFM56-3则是以相关叶片厚度为对比,利用视频系统将直接观测到的图象转换为视频信号,通过视频显示图象尺寸与实际尺寸对比,可换算成实际缺陷的尺寸或损伤程度。

(4) 利用内窥观察孔到被观察物的实际距离,可用直尺等效换算成损伤程度。

(5) 先进的视频分析系统,利用电脑软件和可测量内窥杆对发动机内部的缺陷进行自动评估。

3 内窥检测设备及使用保养

正确地使用保养内窥镜设备,是保证检测质量和延长设备使用寿命的一个重要环节。要严格按照技术说明的规定使用和保养设备。在使用过程中对内窥镜及光导纤维一定要轻拿轻放勿碰勿折。在接通电源时,一定要注意设备对电源的要求,同时要检查外接电源火线、地线和零线的完整性。最好配接电源保护装置,以防网络电压突变造成设备损坏。我公司就曾经发生过由于网络电压突变或静电放电而击穿内窥镜 CCD 晶片事故。软杆内窥镜在寒冷地区使用时不能过猛地弯曲。观测头的弯转更应注意,以免造成光导纤维的断裂而影响观测的效果。

4 内窥检测的质量控制

内窥检测设备主要有光源、内窥杆(包括软杆和硬杆)及光导纤维三部分组成。这里所说的质量控制主要指内窥杆的质量控制。一些主要生产厂家或使用单位都制作内窥镜分辨监视器,对刚性和柔性内窥镜进行分辨力检查。

图1是美国 GE 公司所提供的编号为856 A1323的内窥镜分辨器示意图,图2是图1中 A 处的放大示意图。将内窥镜与分辨器检查按说明书正确调试安装后,从内窥镜观察到的视场只能看到部分的分辨标板有光线照射,则表示内窥镜不能使用。对于特定的内窥镜,如 OLYMPUS C08021-012-090-60硬杆内窥镜,此镜在距离51mm时放大率为1:1,应能分辨出第3组第4单元的6根线,分辨力为11.3线/mm(见图1中箭头1)。软杆内窥镜(视向90°)应能分辨出第1组第4单元的6条线,分辨力为2.83线/mm(见图1中箭头2),否则不能用于发动机的内窥检测。对于具体怎样测试内窥镜的质量,由于各厂家对产品都有不同的条件或要求,在这就不再例举。

不同厂家不同型号的发动机,对内窥镜的型号有不同的要求,一般都应做到专人使用和保管以减少不必要的差错。

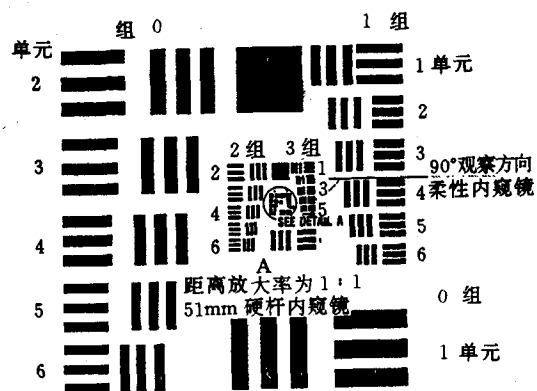
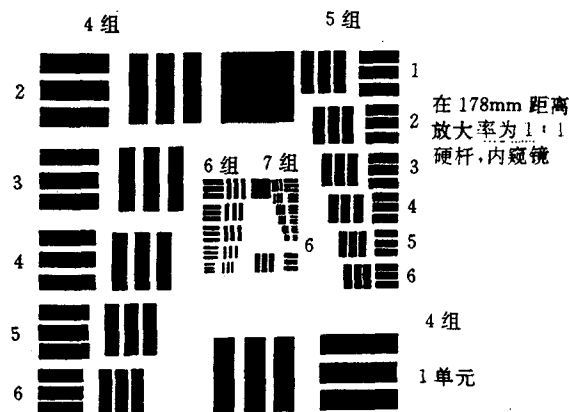


图1



注意:要用显微镜方能观察到第6和第7组

图2

内窥镜在使用中的质量控制,目前还没有制订通用的标准。所以在购置内窥镜时应了解制造厂家对其产品在使用中的质量控制方法和要求,以确保在用内窥镜的完好性。

5 检测人员要求

内窥检测人员都必须经过相应航空发动机制造厂家的技术培训,学习发动机理论、内部结构及实际操作,经考核取得相应的资格后方可进行该类航空发动机的内窥检测工作。

对于内窥检测人员,经验是非常重要的,能否正确地判断缺陷和损伤的性质,除要了解所检测的航空发动机内部的结构外,检测者还必须在该方面积累经验。因此,内窥检测经验的总结和积累是进行该项工作的一个重要环节,不可忽视。

内窥检测人员要以航空发动机制造厂或飞机制造厂家提供的发动机内窥手册为依据,处理好各种

(下转第183页)

一侧的焊缝为检测焊缝,象质计放在射源侧,横向裂纹的检出率通过 $K \geq 1.1$ 时的 L_3 来保证。

对检测已存档的1 440个 YSP-15型液化石油气钢瓶焊缝图象统计,象质指数达14的为438个,占总图象的30.4%,象质指数达13的为1 002个,占图象总数的69.6%,检测灵敏度完全达到或高于 JB4730-94标准中 AB 级的要求。

3 焊接缺陷的检出能力

对含有气孔、夹渣、未熔合、未焊透和裂纹等缺陷的 YSP-5, YSP-15和 YSP-50型 LPG 钢瓶和401丙烷等130个气瓶的650张 X 射线底片及对应的1 950幅实时成象图象对比统计见附表。

附表 拍片法和实时成象法对不同种类缺陷检出数量的对比

钢瓶型号	气孔		条状夹渣		裂纹		未熔合		未焊透	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
YSP-5	5	5	4	4	—	—	—	—	—	—
YSP-15	71	68	21	21	1	1	8	8	9	9
YSP-50	3	3	2	2	1	1	—	—	2	2
401丙烷	2	2	5	5	3	3	—	—	2	2

A——拍片法 B——实时成象法

从上表可见,对各种线性缺陷的检出能力,拍片法与实时成象法相当,结果吻合;而对气孔和夹渣等体积型缺陷,由于投影角度不同,量值上有一定误差,实时成象对极少数 $\phi 0.5\text{mm}$ 以下的气孔有分辨

(上接第167页)

测结果更加直观准确。

EEC 汽轮机转子中心孔涡流检测系统已应用于多个电厂的大修工作中,并取得了显著的经济效益。笔者认为,随着涡流技术水平提高及人们对涡流法认识程度的加深,必将推动涡流 NDT 事业的蓬勃发展。

参 考 文 献

- 1 吴前驱等. 表面无损检测. 北京: 水利电力出版社, 1991.
- 2 任吉林. 电磁无损检测. 北京: 航空工业出版社, 1989.
- 3 林俊明等. 多频涡流在电力系统中的应用. 电力建设, 1996(1)
- 4 林俊明, 林春景. 智能多用途全数字式涡流频谱分析检测仪. 无损检测, 1993, 15(12): 334
- 5 林俊明. 钢管涡流探伤仪的改进. 无损探伤, 1992(1)

收稿日期: 1998-12-10

不清的现象,但对焊缝的评级影响不大。

4 经济性

以 YSP-15型液化石油气钢瓶为例,用实时成象检测,按一个钢瓶15幅图象计算,一张128MB 光盘可存1 536幅,约102个钢瓶,每个钢瓶的检测费用为5元。光盘还具有图象信号无损失,可读可写,能重复使用的特点,这样成本还能降低。如采用拍片法检测,每个钢瓶以拍5张片计算,同样用102个钢瓶统计,胶片加上其它的辅助材料,每个钢瓶的检测费用高达15元,是实时成象检测费用的3倍,因此,采用实时成象法至少可节省65%以上的费用。

5 结束语

通过以上的分析,对计算机 X 射线实时成象在钢瓶探伤中的应用可作如下评价:

(1) 灵敏度满足 JB4730-94《压力容器无损检测》标准 AB 级的要求,图象质量与 X 射线底片相当,对焊接缺陷检测结果与底片吻合,能代替 X 射线照相法。

(2) 该技术直观、准确、查询快捷、检测速度快、成本低、图象清晰、可长期保存和便于现代化管理。

(3) 这是一项很有发展前途、应大力推广应用的检测技术,也是今后钢瓶行业,特别是大批量流水线生产企业的钢瓶主焊缝无损探伤发展方向。

收稿日期: 1998-03-22

(上接第175页)

类型航空发动机叶片出现的缺陷和损伤程度的评估,随着分析评估的计算机化,内窥检测人员还要掌握计算机及电子通讯等知识,以适应工作需要。

6 结束语

内窥检测设备从检查者用内窥镜直接对物体内部进行检测,发展到利用视频接收转换系统将观测图象转换成视频信号并通过监视器将观测到的图象显示出来的视频显示系统,以及近年来利用计算机系统开发的电脑分析系统和远距离图象传输系统。现代的内窥设备正朝着多功能方面发展,故障分析、经验共享已成为现实。当发动机检测有不明之处时,可通过图象传输功能与航空发动机制造厂家进行远距离同步检测,在同一时间内解决问题,这样,飞行安全有了保证,同时也节省了时间和费用。

收稿日期: 1997-05-14