

飞机辅助动力装置尾管组件的渗透和涡流检测

赵志鹏^{1,2}, 王 巍¹

(1. 沈阳航空航天大学 民用航空学院, 沈阳 110000;
2. 中国南方航空集团有限公司 沈阳维修基地, 沈阳 110000)

摘要: 以某型号辅助动力装置(APU)尾管组件为研究对象, 根据其材料、结构及所处的工作环境, 考虑检测成本及可操作性, 选择渗透检测法和涡流检测法对其进行检测, 并就工作环境、工作准备、工艺流程等方面对这两种检测方法进行了比较。试验结果表明, 两种检测方法均能检测出该尾管组件的典型裂纹缺陷。

关键词: 无损检测; 尾管组件; 渗透检测; 涡流检测

中图分类号: TG115.28 文献标志码: A 文章编号: 1000-6656(2021)09-0025-03

Penetrant and eddy current testing of tail pipe component of aircraft auxiliary power unit

ZHAO Zhipeng^{1,2}, WANG Wei¹

(1. School of Civil Aviation, Shenyang University of Aeronautics and Astronautics, Shenyang 110000, China;
2. Shenyang Maintenance Base, China Southern Airlines Group Co., Ltd., Shenyang 110000, China)

Abstract: Taking a certain type of auxiliary power unit (APU) tail pipe assembly as the research object, according to its material, structure and working environment, considering the inspection cost and operability, penetrant testing and eddy current testing are selected for its inspection. The two detection methods are compared in terms of working environment, work preparation, and process flow. The test results show that both detection methods can detect the typical crack defects of the tail tube assembly.

Key words: nondestructive testing; tail pipe component; penetrant testing; eddy current testing

尾管组件是辅助动力装置(APU)排气系统的组成部分, 主要作用为排出引气系统中多余的空气, 具有耐高温、耐高压、密闭性好等特点。APU尾管组件外观如图1所示。

在APU运行过程中, 尾管组件在高温、高压环境中极易出现疲劳裂纹, 导致密闭性变差, 影响其正常运行。在APU下发现修理期间, 有必要对尾管组件进行无损检测。

1 检测方法的选择

该型号APU的尾管组件为薄壁板钛合金工件, 其结构简单, APU尾管组件结构如图2所示。

收稿日期: 2021-02-22

作者简介: 赵志鹏(1994—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事民用航空的无损检测工作

通信作者: 王 巍, wangwei7832@163.com



图1 APU尾管组件外观

尾管组件在运行过程中受高温、高压的影响, 产生的缺陷主要为表面开口缺陷和穿透性裂纹。可采用渗透检测(PT)法和涡流检测(ET)法检查该工件所有非目视可见的缺陷。

2 渗透检测

渗透检测是一种基于液体的毛细作用, 用于检测工件表面开口缺陷的无损检测方法, 渗透检测对

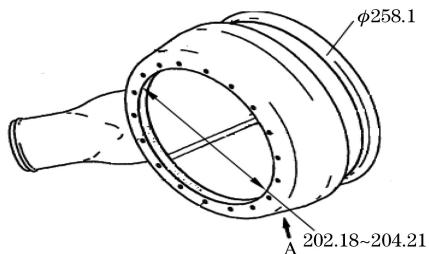


图 2 APU 尾管组件结构示意

非疏松性材料的表面开口缺陷比较敏感, 可用于检测尾管组件表面的开口疲劳裂纹。

尾管组件受工作环境的影响, 其表面易存在积油、积碳和氧化皮, 按渗透检测要求去除表面污染物后, 尾管组件表面仍存在一定粗糙度。结合检测要求, 笔者选择 T/CAMAC 0005—2020《民用航空无损检测 渗透检测》标准中的三级水洗型荧光渗透检测方法对其进行检测。

2.1 影响因素

在荧光渗透检测的实际操作中, 表面状态、检测工艺和操作环境等因素均会对检测造成影响^[1]。

2.1.1 表面状态

进行荧光渗透检测前, 要先对尾管组件的检测区域进行表面准备和预清洗, 确保去除工件表面的积油、氧化层、积碳等表面污染物。若表面处理不当, 则会造成缺陷堵塞、污染渗透液等后果, 影响缺陷的显示, 造成误判, 同时, 不能对工件表面进行喷丸处理, 因为喷丸处理会导致表面开口缺陷闭合, 造成缺陷漏检^[2]。清洗完成后, 先进行一般目视检测, 确认表面无目视可见的裂纹或缺陷。

2.1.2 检测工艺

检测工艺主要包括表面处理与预清洗、渗透、去除渗透剂、干燥、显像、检验等 6 个部分。对于该薄壁尾管组件, 其缺陷大部分为穿透性裂纹, 除需遵守标准的工艺程序外, 还需要适当修改清洗步骤, 即降低水枪压力或加大清洗距离, 保证穿透性裂纹部位不会发生过清洗现象^[3]。

2.1.3 操作环境

在渗透与滴落过程中, 应注意环境温度和渗透时间。温度越低, 渗透剂的润湿性越差, 所需渗透时间越长, 在温度低于 4 ℃时, 应尽量转移检测环境, 以确保渗透效果。尾管组件缺陷多为疲劳裂纹, 一般开口比较紧密细小, 为保证缺陷能全部被检测出来, 渗透时间应适当延长。综合而言, 渗透时间应从大于 20 min 延长到大于 30 min^[4]。

清洗过程需在黑光灯下对试件进行水洗, 要求尾

管组件表面黑光辐照度不低于 $300 \mu\text{w}\cdot\text{cm}^{-2}$, 可见光强度不大于 150 lx, 以保证工件表面多余渗透液已被去除, 防止过清洗, 并确保得到可接受的荧光背景。

2.2 检测结果

渗透检测可直观地显示缺陷的位置、形状和尺寸, 且便于拍照存档。图 3~6 为实际渗透检测过程中在尾管组件接口处、点焊处、焊缝处及卡箍连接处发现的典型缺陷。

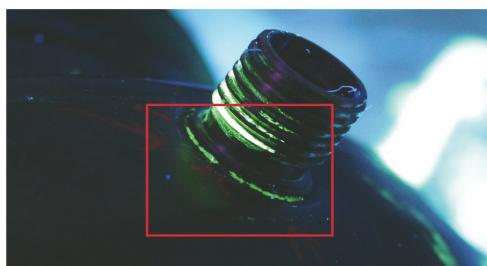


图 3 尾管组件接口处缺陷显示



图 4 点焊处缺陷显示



图 5 焊缝处缺陷显示

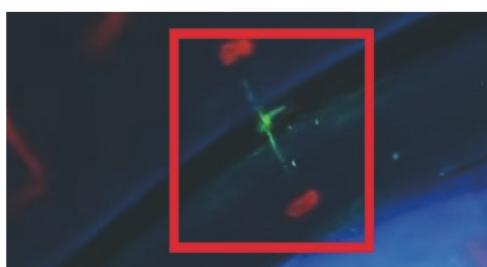


图 6 卡箍连接处缺陷显示

3 涡流检测

涡流检测对于金属表面和近表面的疲劳裂纹比较敏感, 可很好地检测出该尾管组件的所有非目视

可见裂纹。该工件结构简单, 涡流探头的可达性较好, 检测方便。

3.1 影响因素

影响涡流检测结果的主要影响因素有工件表面状态、试块、频率和探头的选择等^[5]。

3.1.1 表面状态

为保护探头并排除非相关信号, 在涡流检测中, 要求工件表面的粗糙度不应超过 $6.3 \mu\text{m}$ 。进行涡流检测前, 要对尾管组件的检测表面进行清洁, 确保工件表面污染物已去除, 若表面处理不当, 存留氧化皮和积碳, 会造成工件表面电导率差异较大, 出现伪信号, 进而影响缺陷判断。

3.1.2 试块选择

通过进行对比试验和测试, 笔者发现, 在尾管组件的涡流检测中, 选用钛合金标准高频涡流试块进行仪器调试可得到良好的检测结果, 不必制作特定的对比试块。

3.1.3 探头和频率选择

由于尾管组件材料为钛合金, 依据标准 T/CAMAC 0002—2020《民用航空无损检测 涡流检测》, 选择探头频率为 $500 \text{ kHz} \sim 3 \text{ MHz}$, 其高通可选择 0 Hz , 低通为 $100 \text{ Hz} \sim 300 \text{ Hz}$, 高低通可根据不同设备进行调试。如罗曼公司的 ELOTTEST M3 型涡流检测设备, 高低通一般为 0 Hz 和 100 Hz , 而奥林巴斯的 NORTEC 600 型涡流检测设备, 高低通一般为 0 Hz 和 300 Hz 。尾管组件为薄壁板, 普通高频涡流即可检测出其所有裂纹(检测设备能提供 $500 \text{ kHz} \sim 3 \text{ MHz}$ 的检测频率即可)。探头采用非铁磁性笔触式屏蔽型直角探头^[6-7], 易于接近全部检测区域。

3.2 检测结果

图 7 为采用高频涡流检测尾管组件时非裂纹区域的扫查信号, 由实际扫查可知, 噪声信号很小, 信噪比远大于 3 dB , 能保证检测时的灵敏度。图 8 为焊点区域的裂纹扫查信号。



图 7 非裂纹区域的扫查信号

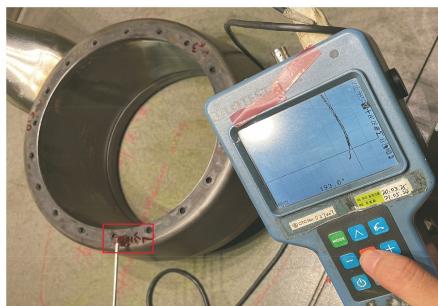


图 8 焊点区域的裂纹扫查信号

4 总结与对比

4.1 尾管组件的典型裂纹

笔者统计了近几年数百台该型号 APU 尾管组件的无损检测结果后, 发现其裂纹主要出现在以下 3 个位置。

(1) 卡箍连接处。该处既是形状突变区域, 又处于连接处, 受卡箍的约束力, 易产生裂纹, 大多为穿透性裂纹。

(2) 导管接口处。该处处于冲击区域, 且形状垂直突变, 与导管连接的方式为螺纹连接, 易产生疲劳裂纹。

(3) 焊缝/焊点区域。焊缝处受气体冲击载荷, 易产生疲劳裂纹, 且裂纹也多为穿透性裂纹。

4.2 渗透检测与涡流检测对比

(1) 表面状态。渗透检测要求去除表面污染物, 但不能采用喷丸方法处理工件表面; 涡流检测同样要求去除表面污染物, 同时粗糙度不超过 $6.3 \mu\text{m}$ 。

(2) 工作环境。渗透检测要求在暗室黑光条件下进行, 并且温度不得低于 4°C ; 涡流检测则无特殊环境要求。

(3) 工作时长。对尾管组件进行渗透检测至少需要 70 min , 但可以批量检测; 涡流检测根据扫查速度要求和各人熟练度不同, 平均时长为 $10 \sim 15 \text{ min}$, 只能单个检测。

(4) 环保方面。渗透检测过程中会产生渗透剂废液, 需进行污水处理; 涡流检测不存在污染环境问题。

(5) 检测结果。两种检测方法的检测结果一致, 但渗透检测的检测结果是可视化的, 更加直观、具体, 且图像易保存。

5 结语

采用渗透检测和涡流检测对飞机辅助动力装置
(下转第 44 页)

的人员、设备、方法、标准及管理等优势,适时对CNAS实验室认可的领域代码进行修订,补充无损检测新技术相关内容,便于有针对性地开展新技术领域的评审工作,并引领无损检测领域的国际实验室认可工作。

4 结语

无损检测是实验室认可的重要领域,受到了国内外认可机构的普遍重视。随着无损检测新技术的研究和应用,认可需求日趋增多,对CNAS认可提出了新的要求。通过采取有效的应对措施,将有力促进无损检测技术能力认可水平的提高,总体来说具有以下趋势。

(1) 无损检测新技术能力将全面纳入CNAS认可范围,具有新技术能力的认可实验室数量在无损检测实验室中的比重会越来越大。

(2) CNAS在无损检测领域应用说明认可文件将得到进一步完善,为无损检测新技术能力认可提供支撑,推动评审尺度的进一步统一,有效降低认可风险。

(3) CNAS在无损检测新技术领域认可活动将推动无损检测新技术的研究和应用,有效带动无损检测新技术的发展,提高无损检测实验室的市场竞争

力。

参考文献:

- [1] 王聪. 无损检测实验室认可与检测过程的控制要求[J]. 无损检测,2007,29(7):423-426.
- [2] 刘丽东,管坚. HOKLAS对无损检测实验室认可的特殊要求[J]. 中国质量认证,2005(12):39-42.
- [3] 中国机械工程学会无损检测分会. 无损检测发展路线图[M]. 北京:中国科学技术出版社,2020.
- [4] 沈功田. 承压设备无损检测与评价技术发展现状[J]. 机械工程学报,2017,53(12):1-12.
- [5] 倪培君,李旭东,彭建中. 工业CT技术-第六讲:工业CT在无损检测中的应用[J]. 无损检测,1996,18(6):173-176.
- [6] 齐子诚,倪培君,姜伟,等. 金属材料内部缺陷精确工业CT测量方法[J]. 强激光与粒子束,2018,30(2):124-130.
- [7] 郑世才,王晓勇. 数字射线检测技术[M]. 北京:机械工业出版社,2019.
- [8] 倪培君,王俊涛,闫敏,等. 数字射线检测技术理论研究进展[J]. 机械工程学报,2017,53(12):13-18.
- [9] 刘松平,刘菲菲,李乐刚,等. 航空复合材料无损检测与评估技术研究进展回顾[J]. 航空制造技术,2019,62(14):14-27.

(上接第27页)

尾管进行检测,并从工作环境、工作准备、工艺流程等方面对这两种检测方法进行了比较。试验结果表明,两种检测方法均能检测出该尾管组件的典型裂纹缺陷,涡流检测对环境要求较低,较为环保,速度较快,但只能单个检测;渗透检测可批量检测,且检测结果直观可视,工程应用时应综合考虑进行选择。

参考文献:

- [1] 高晗,喻星星. 航空导管连接卡箍的荧光渗透检测[J]. 无损检测,2015,37(1):72-74.
- [2] 王树志,刘广华,王本志,等. 表面状态对钛合金铸件荧光渗透检测结果的影响试验研究[J]. 无损检测,2017,

39(10):54-58.

- [3] 李林贤,董璐. 极薄部位贯穿型缺陷的渗透检测[J]. 石油和化工设备,2017,20(4):77-78.
- [4] 杨志伟. 低温环境下渗透检测灵敏度的提高[J]. 无损检测,2006,28(8):423-425,430.
- [5] 杨宾峰,罗飞路. 脉冲涡流检测系统影响因素分析[J]. 无损检测,2008,30(2):104-106.
- [6] 张海兵,袁英民. 某型发动机2级压气机叶片的涡流探伤方法[J]. 无损检测,2011,33(2):24-26.
- [7] KISELEV E K, GOL'DSHEIN A E. Eddy-current system for testing inner diameter of pipes[J]. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2019, 55 (3): 210-216.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告