

浅谈 V2500 发动机之孔探打磨技术

张钊

北京飞机维修工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i4.8560

[摘要] 发动机的孔探打磨技术,是孔探检查发动机工作的一种技术延伸。打磨设备上除了有孔探检查的内窥镜头外,还有一种特有的打磨头;镜头和打磨头协同工作,对损伤的发动机叶片进行在位修理,是一种发动机修理的高效手段。孔探打磨技术具有携带方便、操作简单以及可外接放大显示器等优势,目前正广泛的应用于国内外航空领域。

[关键词] 航空发动机;孔探打磨技术;在位修理

中图分类号: S219.031 **文献标识码:** A

A Brief Discussion on Borescope Blending Technology for V2500 Engine

Zhao Zhang

Beijing Aircraft Maintenance Engineering Co., Ltd

[Abstract] The Borescope Blending technology of engine is an extension of the technology of borescope inspecting engine operation. In addition to the borescope lens for borescope inspection, there is also a unique blending head on the blending equipment; The lens and grinding tips work together to perform in-situ repairs on damaged engine blades, which is an efficient means of engine repair. The Borescope Blending technology has the advantages of easy portability, simple operation, and the ability to connect to external enlarged displays. It is currently widely used in the aviation industry both domestically and internationally.

[Key words] aircraft engine; Borescope Blending technology; in-situ repair

引言

V2500发动机于1989年开始投入使用,至今已有35年的使用记录,在目前的运营中,属于非常成熟的发动机。但是对于所有发动机而言,进气口外来物损伤是不可避免的,通常对发动机低压压气机叶片和高压压气机叶片造成一定程度的损伤,如果叶片损伤超出手册限制,那么将需要将发动机下发并送修OEM大修厂家,由OEM进行进一步分解、修理或更换叶片来使发动机恢复适航状态,发动机大修对航空公司而言,首先意味着运输成本,修理周期带来的时间成本,更换叶片的器材成本,分解单元体的耗材成本;其次就是通过租用发动机来保障飞机可用的一些租赁成本;这些将耗费大量的时间和成本。但是如果损伤在打磨修理范围内,那么将不需要将发动机下发,而是通过在位打磨修理的方式使叶片恢复可用,继而使发动机恢复适航,将大大的降低维修过程中的时间和成本^[1]。

由此可以看出孔探打磨技术在航空发动机维修中有着举足轻重的地位,它将推动航空发动机维修和维护等技术不断革新。

1 孔探打磨设备的发展

孔探检查是通过孔探口对发动机内部部件进行检查^[2],在不用分解发动机的情况下,进一步监控发动机内部状态,检查方

式便捷且效率,大大的提升的发动机的使用率;孔探检查一旦发现损伤,就需要分解发动机进行进一步的修理或更换。为了提升发动机的使用率,对于发动机低压压气机和高压压气机叶片的轻微损伤,而孔探口是在不分解发动机的情况下直接接触发动机叶片的唯一途径,从而就需要一种通过孔探口对发动机叶片进行修理的设备,这种设备既要满足可观察又可以修理的设备,逐渐衍生出了孔探打磨设备,即通过孔探口对孔探口附近的发动机叶片进行在位打磨修理,使损伤变得圆滑的同时也没有进一步扩展的趋势,使发动机叶片恢复可用状态。

2 压气机叶片损伤分析

V2500发动机投入运行以来,外来物的损伤主要是集中发动机低压压气机叶片和高压压气机叶片,通常发动机叶片主要分为静叶和转叶两种。

V2500发动机低压压气机由1级风扇和4级增压级组成,其主要作用就是为高压压气机提供进口压力,提供平稳的气流。低压压气机叶片主要承受的是来自风扇进口的外来物冲击,其主要损伤形式有裂纹、撕裂、磕伤、刮伤、凹坑、叶尖损伤以及弯曲或卷曲。

V2500发动机高压压气机为10级轴流式高压压气机,目前

大、中推力的发动机上几乎普遍采用轴流式压气机,其主要作用是来自低压压气机的空气进行压缩并将压缩后的空气平稳送至燃烧室。高压压气机的工作环境主要是转速高以及压力高。高压压气机叶片除了应对低压压气机的出口环境外,还要承受自身高转速带来的离心力和惯性力以及高压带来的高震动,特别是叶根部分;其次还有高压压气机的后几级还要承受增压所致的高温。主要损伤形式有裂纹、撕裂、磕伤、刮伤、凹坑、变色以及叶尖损伤。

V2500目前孔探打磨主要针对的是高压压气机,随着高压压气机使用时长的增加,除了外来物造成的一定损伤外,还有高压压气机自身的特色损伤导致随后几级的叶片损伤。对于裂纹、撕裂、磕伤、刮伤、凹坑及叶尖损伤,并不是所有的损伤都可以用孔探打磨来进行修理,打磨有一定的前提,有一定的尺寸限制,如果超过这些尺寸限制,那么将有进一步扩展的风险,或将影响发动机内部的气动性。这些尺寸限制可以从厂家获取相关资料。

3 孔探打磨设备的介绍

孔探打磨设备主要包括:皮带、电源组件、打磨头、抛光头、光源、光源适配器、透镜、驱动马达组件和外接显示器。

皮带:消耗件,随着使用时长的增加,其松紧度减弱,影响打磨效率。

光源及光源适配器:利用光学效应使得工作者可以通过透镜观察发动机内部环境。

驱动马达组件及电源组件:通过皮带将马达的转动传递至打磨头/抛光头,通过打磨头来实现叶片的修理;其中可实现打磨头/抛光头角度的调节、转速的调节以及开关控制功能。

打磨头:分为不同长度的圆形、锥形和柱形,材质为金刚石材质,根据打磨区域的距离来选择不同的尺寸打磨头;主要实现叶片的打磨工作(图1)。

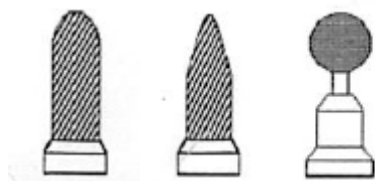


图1 打磨头

抛光头:消耗件,分为不同长度的锥形,材质为砂纸橡胶材质,主要对打磨后的轮廓进行抛光,使得轮廓圆润平滑(图2)。



图2 抛光头

外接显示器:因透镜观察口局限,可以使用外接显示器进一步放大可视区域,使得打磨工作观察更直观,更容易。

4 孔探打磨工作流程

首先,在发动机执行孔探检查时,发现损伤,在确认损伤形式后,确认损伤数量,同时进一步测量相关尺寸(长度、深度),包括距离叶根、叶尖、前缘或后缘的距离,用于判定出损伤所属的区域(图3)。根据飞机维护手册或者附件制造厂家提供的相关技术手册,进一步评估损伤程度是否满足打磨的要求。对于V2500发动机来说,压气机基本分为A/B/C三个区域(HPC3除外),每级的分区都有一个共同点就是靠近叶根的C区不能进行孔探打磨,其次就是HPC3级的CLAPPER区域不能进行打磨,还有就是只有孔探口直接接近的区域才可以打磨,如果孔探口只能接近前缘,那么只能通过孔探口打磨前缘;也就是说每个区域对打磨的要求不同,最终的确定要以现行有效的技术文件为依据。



图3 损伤测量图

其次,选择合适的打磨头;叶片损伤的位置不同,叶片和打磨头的距离不同将决定选择什么样的打磨头。主要需要考虑选择打磨头的形状和长度,选择前可以先使用保护包先进行对比,根据对比选择合适打磨头合适的长度。

再就是孔探打磨发动机叶片, 叶尖区域的损伤可以打磨成J型, 而非叶尖区可以打磨成长深比, 前缘和后缘应打磨成一个半圆, 要有一个平滑的过渡, 不允许有锋利的边缘; 打磨修理要求去除最少量的材料, 去除的材料不能超过限定值(V2500发动机每一级总的打磨深度有一定的限定值), 相关技术文件将提供相应参考值, 打磨是一个循序渐进的过程, 需要边打磨边测量, 确保不要超过限定值, 一旦发现打磨即将到达限值, 应注意测量。

还有就是选择合适的抛光头, 对打磨完成的损伤进行抛光, 使其边角变圆, 去除毛刺。

最终对打磨后的损伤进行测量, 再一次根据测量结果, 评估是否满足技术文件要求, 确保保存相关的照片和测量, 以备检查。

5 孔探打磨工作中的注意事项

打磨前注意:

查阅发动机履历本——主要是查询发动机的历史打磨记录, 便于评估计算孔探打磨量。

对损伤进行检查和测量——因每一级可能存在多个损伤, 不同区域的打磨要求不同, 所以通过测量和计算, 对损伤进行评估, 是否符合打磨要求^[3]。

皮带的安装——安装皮带要确保皮带不松弛且安装正确, 避免皮带在管内缠绕, 安装完成后一定要观察并进一步确认。一旦安装错误, 将会导致打磨头转动方向相反, 将导致打磨头在发动机掉落, 掉落发动机将直接导致发动机送修。打磨头调至工作位之前, 禁止开关驱动马达, 避免皮带脱落, 一旦脱落, 驱动马达将无法驱动打磨头转动。

调节静叶——如果是可调静子叶片, 孔探打磨前一定要将静叶调至最优位置, 确保有足够的孔探来完成孔探打磨。

打磨工具调试——打磨开始前, 一定要对打磨工具的各个功能进行调试, 因为一旦进入发动机, 如果工具出现问题, 将对发动机造成不可估量的损伤。调试内容主要包括驱动马达的开关、打磨头的角度调节、打磨头的转动方向确认以及外接显示屏的连接。

打磨期间注意:

启动或者关闭打磨工具——在保持一定距离处启动和关闭打磨工具, 不能在接触到损伤区域后再启动或关闭, 因为打磨工具转速较高, 一旦控制不好将有可能损伤到附近区域。

叶尖区域打磨——打磨叶尖区域时, 由于角度的问题, 可能部分区域不可见, 所以对于叶尖区域可以打磨成J型, 但是不能打磨成一个HOOK; 同时打磨期间不要损坏防磨带。

打磨完成后注意:

完成测量——打磨完成后(图4), 进一步对损伤进行测量, 确保其区域、长深比都符合厂家技术文件的要求。

存档记录——存档打磨后的测量照片, 记录在发动机履历本上, 供相关人员查阅。



图4 打磨完成图

6 小结

孔探打磨工作其实是非常精细的一项工作, 因为打磨损伤的长度和深度都是以毫米为单位, 打磨期间还需要实时测量打磨的结果, 避免打磨量超出允许范围, 一旦超限将无法弥补; 所以执行此项工作时, 需给予工作者更多实践练习的机会, 不能给予工作者太大的时间压力; 只有熟练的技能加上平和的心态才能确保打磨工作的顺利进行, 才能确保发动机适航。

7 结束语

总而言之, 随着V2500发动机的使用, 孔探打磨的需求也将随之增加, 而孔探打磨技术的合理运用, 大大降低了发动机维修的时间和维修成本。就目前的高压压气机而言, 大大提高了高压压气机的使用时间和维修周期, 相信这类技术是维修行业发展的主流趋势, 通过不断的改进和研究, 将更有力的推动民航发动机的发展。

[参考文献]

[1] 向大钊.V2500发动机的维修问题及改进型V2500 SelectOne发动机[J].航空制造技术,2009,52(18):58-59.

[2] 于辉.孔探技术及其在航空发动机维修中的应用[J].航空制造技术,2005,(6):94-95.

[3] 吴冬.孔探技术在航空发动机维修中的应用研析[J].智富时代,2018(8):108.

作者简介:

张钊(1988—),男,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,从事航空发动机孔探研究。