

某航空活塞式发动机汽缸头温度(CHT)指示故障分析

Cylinder Head Temperature Indication Default Analyze of Aviation Piston Engine

中国民航飞行学院新津分院 任可

[摘要] 针对某航空活塞式发动机汽缸头温度指示故障,分析发动机汽缸头温度指示系统各组成部分的结构、原理、功能、走线、软件及配置,并根据该故障间歇性发生的特点制定具体排故方案,逐步排查找出故障原因为连接器热端接线松脱,从而对该机型近3年发生该类故障的各种因素进行统计分析。

关键词: 活塞发动机 汽缸头温度 热端

[ABSTRACT] For the engine cylinder head temperature (CHT) display trouble of the piston aircraft, analyzed the structures, principles, functions, wiring, soft and configuration of the CHT indication system constitutions, then established the specific troubleshooting programme depended on the intermittently occurred fault phenomenon, and gradually checked for the reason the loosening hot-junction of the connector, Finally counted and analyzed the factors caused the similar troubles of the air fleet in the latest three years.

Keywords: Piston engine Cylinder head temperature Hot-junction.

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.16.122

对于航空活塞式的发动机来说,发动机超温是危害发动机性能和寿命的最大隐患。飞行中可能引起发动机超温的因素较多且复杂,如滑油冷却系统故障、点火系统故障、油路或管路阻塞或油路气塞造成供油不畅的贫油等。而汽缸头温度(以下简称CHT)作为保护活塞发动机的一个重要参数,主要为飞行员监控发动机工作温度是否正常,及时发现并防止发动机的过热和超温。对航空发动机损害最大的因素就是发动机超温,飞行中可能引起发动机超温的因素较多且复杂,常见原因主要有:夏天发动机进气温度较高;比巡航高度较贫油的燃油设置使EGT过高从而导致CHT超温;油路或管路阻塞或油路气塞造成供油不畅的贫油;滑油冷却系统故障;点火系统故障;发动机安装不规范导致相对冲压气流发生变化或鱼鳞板不能正常打开。同时由于发动机机械问题也可以导致CHT升高。另外在冬季气温较低时,地面试车时应严格按飞行手册的要求暖机,保证CHT和滑油温度均匀柔和的上升到预定温度,禁止采用调节混合比或

增加发动机转速暖机,以避免发动局部温度的不均匀导致CHT升高。

1 某航空活塞式汽缸头温度指示故障及系统结构

1.1 某航空活塞式汽缸头温度指示故障

飞行员反映某通用航空活塞式1号缸汽缸头温度(CHT)值高于其余3个缸CHT值近130°F,并且在高速期间1号缸CHT指示满量程600°F并最后显示红叉(其余三缸CHT均在350°F±20°F正常范围内)。随后在机务人员的3次地面试车中该故障仅复现过一次。

1.2 某航空活塞式发动机汽缸头温度指示系统结构

该航空活塞式采用的综合航电系统,发动机为直列4缸布局。发动机汽缸头温度指示系统主要由两个液晶显示器PFD和MFD、两个中央数据处理器GIA1和GIA2、一个发动机集成电子组件GEA和4个CHT传感器等组成。其中,PFD、MFD、GIA1、GIA2和GEA是该综合航电系统的其中5个组件;其中,PFD和MFD是系统的显示部分,为10.4英寸的液晶显示器,1024X768的分辨率。主飞行显示称为PFD,多功能显示称为MFD。PFD显示飞行信息,以替代传统的陀螺仪表;MFD显示导航信息和发动机/机身参数。两个显示器连接和显示飞行期间系统的所有功能。

GEA 71 是一个带微处理器的LRU组件,负责接收/处理来自发动机和机身传感器的信号。传感器包括发动机温度和压力传感器以及燃油测量和压力传感器。GEA 71 通过使用RS-485数字接口,直接与两个GIA 63组件通讯。GEA 71 可使用在单发飞机到复杂涡轮推进的飞机上。通过RS-232数字接口,收到GIA的软件和构型设置。

CHT传感器采用热电偶作为探头,其热端安装在汽缸头,用于感受汽缸温度,冷端安装在靠近GEA组件的接头一侧。根据热电偶的特性,如果冷端和热端之间存在着温度差,则电路中会相应地产生热电势,且热电势与温度差成正比,通过测量热电势的大小可以感知汽缸温度。

系统基本工作原理为:4个CHT传感器分别感受4个缸的温度信号,并将温度信号转换为对应的电压信号并传输到GEA,GEA接受数据并进行处理后传送给计

算机 GIA1 和 GIA2, GIA1 和 GIA2 将该信号输送给其他有交联的组件,并分别送到各自对应的显示器以柱状图和数字的形式进行温度显示,该柱状图的指示范围为:0~600°F(通常发动机正常工作时 CHT 不会超过 500°F),当温度超过 600°F 或者发生故障时该柱状图会出现红叉。其系统结构如图 1 所示。

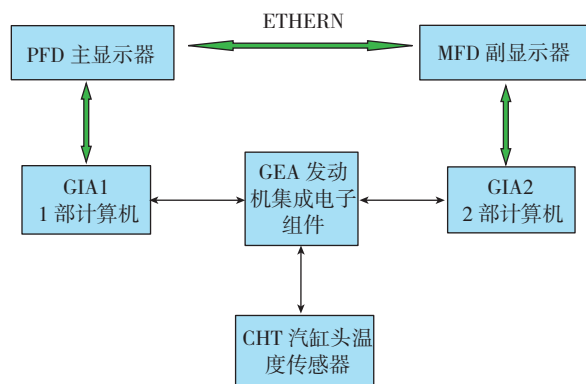


图1 发动机CHT指示系统结构图

Fig.1 Structure of the engine CHT indication system

2 故障原因分析及排故

2.1 排故思路

由于该机综合航电系统由多个组件构成,各个部件在独立完成各自功能的同时还相互进行数据交联,因此在排故时不能采用分离式设备的传统排故方法;同时由于该故障属于具有一定随机性的间歇性故障,故障现象不是固定存在,排故难度较大,因此需要站在系统结构的高度上来全面分析可能存在故障点并制定相应的排故流程。

通常应重点考虑3方面的问题:一是线路问题,如磨损、振动等造成的短路、断路、连接器接触不良等^[1];二是硬件故障,如不正确的操作、高温、高湿和静电损伤等;三是软件和配置问题,如软件版本、数据乱码等。由于飞机上空间有限,查找线路相对困难,因此排故程序应遵循先易后难的原则进行,先进行软件和硬件排故,最后再查找线路故障。

2.2 故障定位与原因分析

2.2.1 故障排查与定位

根据该机故障现象,首先查阅该型飞机的最新维护手册,但手册没有给出此类故障的排故说明,因此只有按照结构图和电路图对系统进行分段检查和测试。具体排故流程如图2所示。

(1)检查各组件和CHT传感器状态。由于仅为1号缸CHT指示故障,因此首先将1号缸CHT传感器拆下用专用活塞发动机滑油/汽缸头温度系统测试仪FX13052进行离线测试,测试数据如表1所示,对比理论值结果表明该传感器工作正常。之后将系统启动到维护模式下

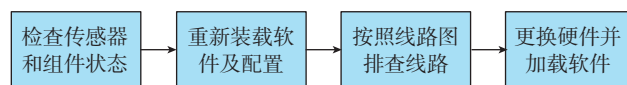


图2 排故流程图

Fig.2 Troubleshooting program

表1 1号缸CHT离线测试数据

测试温度		理论电压 容限为 $\pm 3\%/mV$	实测电压 /mV
°C	°F		
121	250	5.20 ± 0.16	5.11
149	300	6.72 ± 0.21	6.85
177	350	8.26 ± 0.25	8.49
204	400	9.81 ± 0.30	9.67
232	450	11.37 ± 0.35	11.62
260	500	12.9 ± 0.39	13.24

检查各组件的工作状态,发现GIA1、GIA2、PFD、MFD和GEA的工作状态均显示正常,同时为排除因为振动可能导致的接触不良,分别检查5个组件安装是否可靠,连接器有无松动,插钉有无变形和弯折等,均未发现异常情况,但是这并不能完全排除组件可能存在的硬件故障。

(2)重新装载软件及配置文件。首先用该机随机光盘制作数据卡,然后分别加载5个组件的软件及配置文件,地面面试车1号缸CHT虽然未出现红叉,但是仍然比其余三缸温度高150°F左右,由此排除软件及配置文件的故障可能性。

(3)按照先易后难的原则从CHT传感器往显示器的方向排查线路。首先检查1号缸CHT传感器到GEA71的线路,根据线路图(如图3所示)发现1号缸CHT传感器的热、冷端接线通过一个连接器JN017/PN017分别连接到GEA71组件的26脚和27脚。首先断开连接器JN017/PN017,检查该连接器的两端到GEA71的26脚和27脚的线路,发现两条线路没有外观破损致短路的现象。为了模拟近似飞行中的情况,在不停摇动线路的同时,用三用表分别测量两条线路的通断后发现:冷端线路一直处于连通状态,而热端线路则时而接通,时而断路,极不稳定。将连接器JN017/PN017拆开后发现热端接线柱松动,部分线丝已脱落,初步判断故障原因就是该连接器的热端线路松脱造成温度指示异常,重新连接好热端线路后地面面试车,1号缸CHT指示正常,并且与其他3缸的温度差仅有 $\pm 20^\circ\text{F}$,在正常范围内。

(4)由于已找到该连接器的热端线路松脱,并且没有明确的现象表明5个组件存在硬件故障,所以不必再进行硬件更换及其软件的配置。

2.2.2 故障统计分析

统计该机型33架飞机3年内出现的CHT指示故障

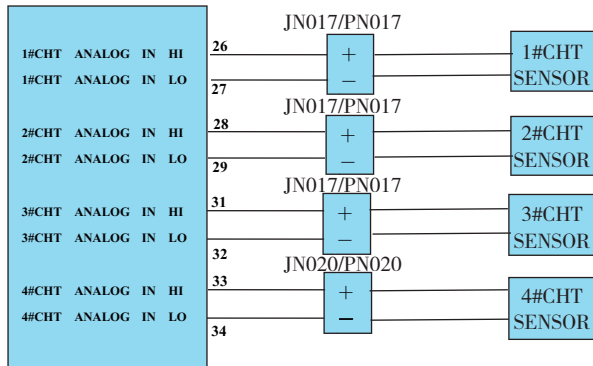


图3 1号缸CHT传感器到GEA71的线路图

Fig.3 Wiring diagram of First cylinder CHT sensor to GEA71

共计 28 架次,主要有 4 个方面的原因:CHT 传感器故障、线路故障、硬件故障和软件及配置故障,具体分布表如表 2 所示。

表2 CHT指示系统故障原因统计

故障原因	CHT 传感器	线路	硬件	软件及配置
数量	13	8	5	2
百分比 /%	46.4	28.6	17.9	7.1

从表 2 中可以看出,(1)CHT 传感器是导致 CHT 温度指示故障的最主要因素,排除该类故障较为简单。(2)由于飞机线路经常受到振动、高温、高腐蚀等环境因素以及自身老化的影响,易造成接连接件松动、线路腐蚀、氧化、绝缘层磨损、耗损增大等,从而导致各类故障,此类排故相对较为复杂。在这 8 次线路故障中,有 4 次是线路磨损导致短路或断路,有两次是连接器接线松脱,还有两次是接头受到发动机机油污染和腐蚀。(3)5 次硬件故障包括 2 次 GIA 故障和 3 次 GEA71 故障。(4)2 次软件及配置故障均为人为装载错误所致。

3 结论

CHT 是航空活塞式的一个重要参数,它直接关系到飞行员对飞机发动机工作状态的判断,从而影响飞行安全。因此在日常使用维护过程中,维修人员需要加强对该航空活塞式 CHT 传感器及其线路的清洁和检查。同时,针对飞机电子系统线路的排故,应首先需要了解故障发生过程和现象,并从故障系统的总体结构和工作原理上进行分析,结合各类流程图和线路图等制定具体排故程序,运用各种检查方法(如目视法、串件法、短接法、分段检测法等)查找重点线路、连接器和设备等,并最终确定故障原因^[2-4]。

参考文献

- [1] 张翔. 老龄飞机线路故障及维护. 中国民用航空, 2012(4):

42-43.

- [2] 莫伊尔. 民用航空电子系统. 北京: 航空工业出版社, 2009(4):22-26.

- [3] 汪炜. 航空维修中的故障处理. 航空制造技术, 2006(9):55-57.

- [4] 荆晓东. 浅析活塞发动机汽缸头温度. 科技资讯, 2005(26): 30..

(责编 宁军)

(上接第 121 页)

较为适合难加工材料切削加工刀具及参数的量化评价;

(2) 基于单元体积材料可变加工成本的刀具及参数评价体系可以实现对难加工材料切削加工刀具及参数的量化评价,并且将刀具及参数的评价与切削加工设备、能耗等工艺条件结合在一起,从而使评价结果更适合实际生产的需要;

(3) 在整个刀具及参数的评价计算过程中不需要对切削过程中的条件和因素进行等效和估算,是以整个切削过程的真实情况进行准确计算的,因此,针对不同刀具及参数的评价结果更为直观,且一致性、准确性较高。

参考文献

- [1] 邹喜洋. 难加工材料的特性及其应用前景. 金属热处理, 2003, 28(4): 44-47.

- [2] 傅恒志. 未来航空发动机材料面临的挑战与发展趋向. 航空材料学报, 1998, 18(4): 52-61.

- [3] 徐强, 张幸红, 韩杰才, 等. 先进高温材料的研究现状和展望. 固态火箭技术, 2002, 25(3): 51-55.

- [4] 王琳琳. 切削难加工材料的刀具选择. 航空制造技术, 2012(10):51-53.

- [5] 刘畅, 王焱. 针对航空难加工材料的刀具与切削参数优化途径. 航空制造技术, 2010(15):40-43.

- [6] 任军学, 胡创国, 张定华, 等. 航空发动机材料切削参数优化模型. 航空制造技术, 2004(10):85-87.

- [7] Tolouei Rad M, Bidhendi I M. On the optimization of machining parameters for milling operations. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1997, 37(1): 1-16.

- [8] 陈志同, 张保国. 面向单元切削过程的切削参数优化模型. 机械工程学报, 2009, 45(5): 230-236.

- [9] Onwubolu G C. Performance-based optimization of multi-pass face milling operations using Tribes. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2006, 46(7-8): 717-727.

- [10] Gopala Krishna Alluru, Mallikarjuna Rao K. Optimization of machining parameters for milling operations using a scatter search approach. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2006, 31(3-4):219-224.

- [11] Palanisamy P, Rajendran I, Shanmugasundaram S. Optimization of machining parameters using genetic algorithm and experimental validation for end-milling operations. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 32(7-8):644-655.

(责编 宁军)