

CFM56-5B 发动机指示系统

阎成鸿

(中国民航飞行学院)

摘 要: 本文对 CFM56-5B 发动机指示系统作了详尽的描述, 重点介绍了发动机各指示系统具体的工作情况及显示特点, 指示参数对飞行和维护的重要作用, 突出了发动机指示的智能化、科学化、精确化、直观化以及全面化。

关键词: CFM56-5B 发动机指示系统 飞机数据监控显示器 发动机振动监控计算机 集中故障指示系统

中图分类号: V233 文献标识码: A

在实际飞行过程中, 发动机指示系统是发动机工作情况的晴雨表, 是连接飞行员与发动机的一座桥梁。它为飞行员提供了发动机工作的基本信息以及一些对特情的处置方法, 便于飞行员更好地监控发动机正常工作, 发挥发动机的最大功效, 对确保飞行安全以及延长发动机的有效寿命等起了很大的作用。目前航空发动机指示系统已基本由机械式或液压—机械式控制更新为更先进的数字电子式控制, 后者具有可靠性高、精度高、显示更为直观等明显优势, 大大减轻了飞行员的工作负荷, 提高了飞行的安全系数。本文以大量安装在 A319、A320 以及 A321 上的 CFM56-5B 为例, 具体介绍一下发动机指示系统的工作情况。

一、指示系统总述

对于 CFM56-5B 发动机来说, 其指示系统主要依靠发动机传感器和信号装置提供的各种

数据, 经由飞机计算机处理后, 把信息传输并显示在飞机数据监控显示器 (ECAM)、主警告/警告板以及语音警告板上。其中飞机传感器主要监测有关温度、压力、速度、发动机振动以及燃油流量等方面的信息; 信号装置则主要提供诸如起动空气活门、油门等位置, 滑油滤与燃油滤的阻塞情况, 反推指示等的显示。

联结在发动机上的飞机计算机主要有 10 台, 分别为: 2 台系统数据采集计算机 (SDAC)、3 台显示管理计算机 (DMC)、2 台飞行警告计算机 (FWC)、2 台发动机接口计算机 (EIU) 以及 1 台发动机振动监控计算机 (EVMU)。各计算机间虽功能各异, 但又彼此联系, 成为一个有机的整体。

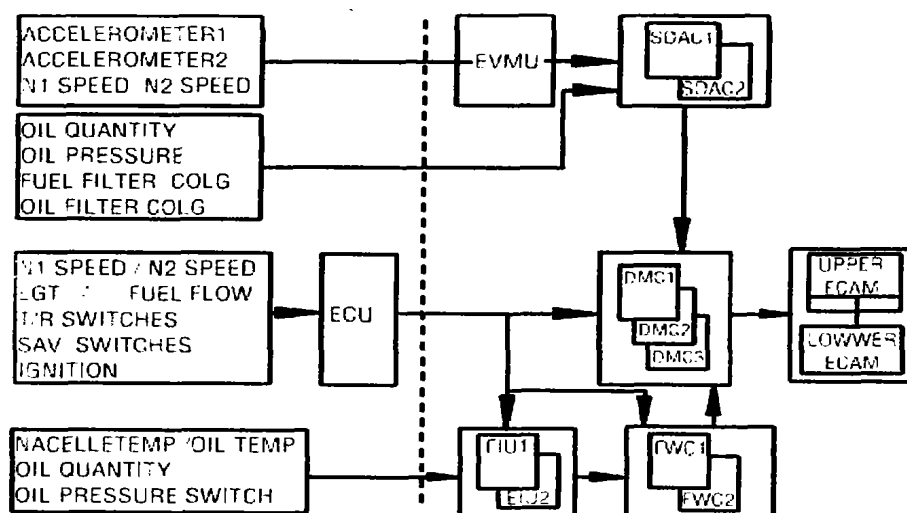


图 1 发动机指示系统

如图 1 所示,SDAC 接收并计算处理传感器传来的滑油量、滑油压力、滑油滤和燃油滤阻塞情况和 EVMU 处理过的加速度型的振动传感器 1、2 信息和 N1、N2 转速等信息,然后把计算结果传输给 DMC。另一方面,电子控制装置(ECU)把接收到的信息(主要包括 N1、N2 转速、排气温度、燃油流量、点火装置、油门及起动空气活门的位置等)分析处理后,分别送给 EIU、FWC 以及 DMC,使系统实现“交枢”化,大大提高了系统的可靠性及准确性。EIU 也同时接收传感器测得的发动机短舱温度、滑油温度、滑油量以及滑油压力开关等信号,经比较计算后又传给 FMC。FMC 对这些信息进行处理后,很自然的又送到了 DMC,最后 DMC 将上述所有的信号及数据进行判断并分类管理。于是,表征发动机工作情况的各参数便非常直观地显示在 ECAM 上了。

ECAM 系统始终保持着对所有飞机系统的“看护”,监控系统的一切不正常情况,做好必要的记录;而且当特情发生后,ECAM 在提醒飞行员注意的基础上还会提供对特情处置的电子检查单,非常直观地显示出来,大大减轻了飞行员的工作负荷。ECAM 一般包括上下 2 个显示面板,即:发动机/警告显示板(E/W D)和系统显示板(SD)。其中 E/W D 面板又分为上下两部分,上半部分主要是传统形式的对 EGT、N1/N2 SPEED、FF 等指示,但相对于传统的显示系统,ECAM 具有双重显示(即在指针式显示的基础上,采用直观性更

强的数据式显示)的功能,所以其显示具有精度高、可靠性高、直观性强的明显优势。下半部分也就是所谓的信息区,是最能体现 ECAM 甚至于整个发动机指示系统的先进性和直观性的了。当发生任何不正常情况时,它能显示出有效的处置方法以及具体的细节情况,即使是最没有经验的飞行员只要按信息区所显示的步骤去处置,一定会化险为夷的。

二、各主要系统工作和指示情况

CFM56-5B 发动机指示系统主要包括:燃油指示系统、滑油指示系统以及反推与发动机振动指示系统。

1. 燃油指示系统

在该系统中,主要涉及到两个参数的指示——燃油流量和已用燃油。燃油流量就是单位时间内流过某截面的燃油量,它对燃油管理及功率设置等工作都有着很大的参考作用。而已用燃油则为飞行员提供了关于燃油的基本信息,对制定下一步的飞行计划起了很好的参考作用。具体来说燃油指示的过程是首先由燃油流量传感器把模拟式信号传送到 ECU,为提高系统的可靠性和精确度,ECU 采用双通道(Channels A 和 Channels B)分别把这些资料数据化,再通过 ARINC 429 数据传输线作为“燃油流量”和“已用燃油”信息传给飞机系统,通过飞机系统的 1、2、3 号 DMC 和 1、2 号 FWC 处理后显示在 ECAM 上。需要强调的是 FWC 并不能直接把信号传到 ECAM,它只是把信息处理

后反馈给 DMC,由 DMC 将信号统一送给 ECAM;再者就是关于 ECU 的双通道设计,它包含了两个微处理器及其接口,构成 A、B 控制通道。两个通道相互独立,同时工作,能独立完成所有系统功能。但只有一个通道的输入信号用于控制发动机(此通道为生效通道,另一个则为备用通道)。飞行中,若任一通道失效,则自动转化为另一通道,备用通道自动生效,从而确保了系统的工作可靠性。

为了减轻飞行员的工作负荷,对燃油信息做出迅速准确的判断,燃油系统的指示采用了直观化的液晶显示。其中,燃油流量是用绿色数据显示在 Upper ECAM(即 E/W D)上的。在燃油流量信号无效的情况下,数字式的指示会变为琥珀色的“××”,以提醒飞行员。造成这种有效数据缺省的情形一般有两种,即:ECU 电源关断以及在地面上最后一台发动机停车 5 分钟后。在实际飞行过程中,飞行员应准确识别问题的根源,作出正确有效的处置。另外,在开车和巡航条件下,已用燃油也是用绿色数字显示在 LOWER ECAM(即 SD)上的,它是由 ECU 计算出来并在下一次发动机开车时自动更新的。如果来自飞机计算机的数据与 ECU 传出的数据不相符,已用燃油的数字指示会被琥珀色的短线划去,以告示机组系统工作不正常。

2. 滑油指示系统

提供给飞机系统的用来监控滑油系统的主要参数有:滑油量、滑油温度、滑油压力、低压警

告以及滑油滤阻塞信息等。飞行中,飞行员可通过这些仪表指示以及相关的信号指示来判断滑油系统是否正常工作,确保飞行安全。

(1)滑油量

滑油量表安装在座舱内 LOWER ECAM 系统显示板上,也是双重显示格式。在发动机正常工作期间,滑油量显示为绿区和绿色数据;若滑油量低于 1.8 夸脱,其指示将变为绿色频闪性数据,意味着目前滑油量仅可供发动机以最大滑油消耗率正常飞行 3 小时。由于燃气涡轮发动机的滑油系统主要是润滑发动机转子轴承,所以滑油的消耗一般很少,飞行中若滑油箱内的滑油突然减小或发动机耗油量突然增加,都是发动机滑油系统故障(泄漏或存在磨损)的征兆,此时一定要加强对滑油系统的监控,交叉检查相应的系统参数。

(2)滑油温度

发动机工作期间对滑油温度的要求是比较高的,它关系到发动机的实际润滑效果如何。如果滑油温度超过临界值,座舱内会产生各种各样的警告信息。当滑油温度介于 140℃到 155℃之间并且持续时间超过 15 分钟时,或滑油温度超过 155℃时系统会出现以下信息:

A、出现单音警告,同时琥珀色的“MASTER CAUT”灯亮;

B、滑油指示数据变为琥珀色,且频闪显示。(注:在 A320 上只有达到 155℃时才变为琥珀色显示)

C、在 E/W D 的下半部分(信

息区)出现琥珀色“OIL HI TEMP”显示,且给出具体处理方法,即收油门到慢车位以及关断发动机等显示。另一方面,如果滑油温度低于 -10℃,系统同样会出现上述 A 的信息和 B 的部分信息(显示“OIL LOW TEMP”并要求推迟起飞和避免油门过大,这种情况主要出现在冬天冷发启动时)。

(3)滑油压力及低压警告

适当的滑油压力是确保滑油系统正常工作的必要条件。滑油压力的范围一般都为 0~100 PSID,正常的滑油压力为“绿色”工作范围;若系统压力降低到 13 PSID,即低压限制点时,压力显示将变为红色指示;而当系统压力超过 90 PSID 时,压力指示情况则会变成绿色频闪信号。飞行中,若发生滑油系统泄漏、滑油泵及释压装置故障、发动机严重磨损等都会引起发动机滑油压力的不正常,当系统压差降到 13 PSID 以下时,滑油低压电门闭合,同时,出现连续性的声音警告,“MASTER WARNING”灯闪亮,SD 上滑油压力指示变为红色显示;并且 E/W D 下半部分显示出“OIL LO PR”警告并给出处置步骤,引导飞行员立即使油门慢车位、执行发动机停车程序,防止发动机进一步损坏。

3. 反推及发动机振动指示系统

反推一般是在着陆滑跑过程或中断起飞过程中为尽快减小飞机速度,防止飞机冲出跑道而使用的。在使用了反推后,机组可以在 Upper ECAM 上获得相

应的指示。反推具有两种模式:展开模式和收起模式。在展开模式下,标有“REV”的信息框会显示在 N1 转速表的表盘内,当油门处于反推位并且反推门没有展开 95%时,“REV”显示颜色为琥珀色;在反推门完全展开后,则变为绿色显示。在收起模式下,反推门收起过程中,“REV”依旧有显示,收起后,显示变为琥珀色。

发动机突然或渐进的不正常振动是发动机工作不正常的明显表现。不正常振动可能是压气机或涡轮叶片损伤,转子不平衡或别的故障所造成的。在实际飞行过程中,发动机振动和速度信号来自于 EVMU、SDAC 以及 DMC 等飞机计算机,它们以绿色信息的方式同时显示在 Lower ECAM 的发动机页面和巡航页面上。当系统内信号不可用时,则相关显示会被琥珀色的“××”替代;振动程度达到参考值(即 N1 振动大于 4 个单位、N2 振动大于 4.2 个单位)时,振动指示数值闪烁,以引起机组注意(4 个单位时会出现频闪指示提示飞行员,并在 LOGBOOK 上做好记录,航后需对发动机进行动平衡减振;若振动达到或大于 6 个单位,系统除上述指示外还要求收油门杆,降低发动机振动);若振动极其剧烈(超过或大大超过参考值)时,在 ECAM 上会给出立即关车的显示。

就理论上而言,对于低压转子的振动单位是用 Mils 来衡量的,而高压转子则是用 IPS 来衡量。实际指示过程中为了避免提供给飞行员两种不同形式的

系统显示,低压和高压转子的振动信息是经处理后(即统一用“UINT”为单位)显示在座舱内的,从而减少了飞行员的工作负荷。

三、振动传感器及飞机综合数据系统

1. 振动传感器

发动机/飞机振动传感器系统使机组通过 ECAM 能够监控发动机振动情况,也可为机务人员提供关于振动指示、振动超标、发动机振动配平以及传感器选择等方面的信息。它由一号轴承振动传感器以及涡轮后框架振动传感器

构成。这两个加速度型的振动传感器感应的振动信息只可以传输到连接发动机和飞机系统的 EVMU,如图 2 所示,EVMU 把上述信息提供给集中故障指示系统(CFDS)、飞机综合数据系统(AIDS)、ECAM 以及打印机。其中 CFDS 系统通过多功能控制及显示器(MCDU)调出并用来查阅和打印以前飞行的记录或作初始测试;AIDS 系统也是通过 MCDU 调出并用来完成排故及状态监控等功能;振动信号提供给 ECAM 后则主要用来系统的实时监控。

该系统中的核心组件是安装在飞机电子舱内的 EVMU,它接收来自发动机(转速和振动)的模拟信号,并通过 ARINC 429 数据传输线同其它飞机计算机(CFDS 和 AIDS)联系起来。其工作的正常模式允许系统在 ECAM

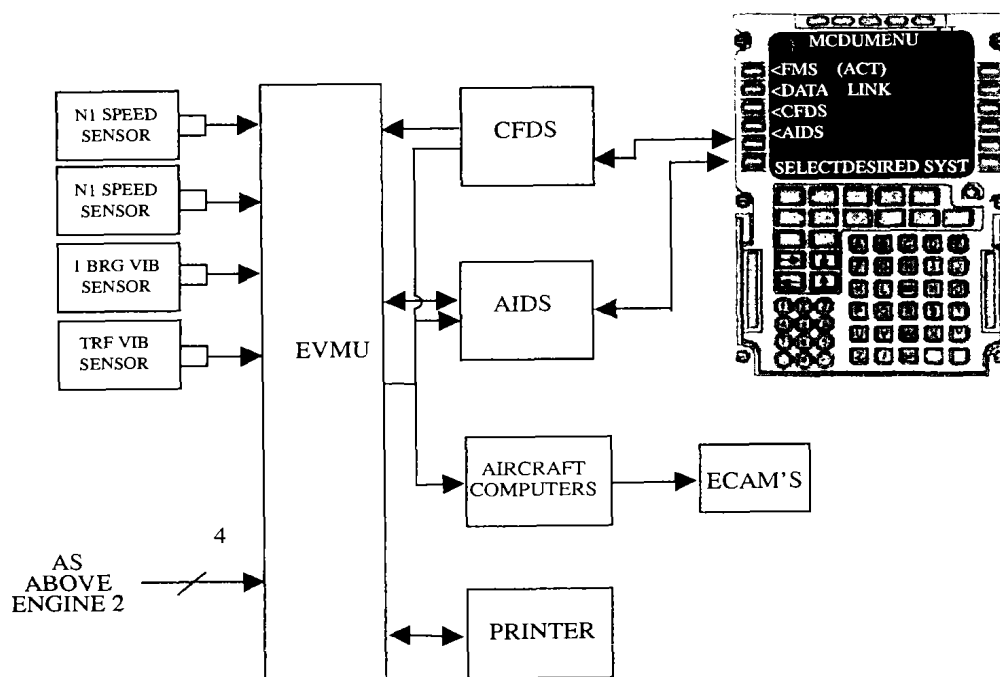


图 2 发动机/飞机振动系统

上显示振动信息、提供超标振动的错误信息以及飞行记录等。振动记录可以提供五种不同的发动机转速下的振动数据,它可为风扇配平程序以及频谱分析提供信息。这些记录传输给 AIDS 系统,通过其核心组件 DMU 处理后,便在诸如巡航或起飞等所有的报告中显示出来了。另外,在 EVMU 的另一种工作模式即地面维护模式(CFDS 模式)下,机务人员通过 MCDU 菜单可以完成对发动机的配平工作。它允许选择并记录在每台发动机五种不同的转速下得到的不平衡数据,然后系统将其进行比较处理,完成发动机配平计算,为机务人员提供了最优化的配平螺钉的安装位置,最大限度地保证发动机安全稳定工作。

2. 飞机综合数据系统

飞机系统参数的实时数据

提供给用来监控飞机和发动机参数的飞机综合数据系统(AIDS),并允许机务人员执行对发动机参数趋势的监控和排故工作。AIDS 则通过多功能控制及显示器 MCDU 的主菜单来调用各参数。它可用于航线维护机务的短期排故,同时也可用于工程技术人员的长期排故。航线维护机务主要通过读取实时参数来打印出预编程序报告或程序报告以及生成数字式的 AIDS 存储器。这些不用特别编程的工作构成了 AIDS 以下的基本应用:

(1) 读取实时参数:飞机系统传输的实时参数能通过选择相应的 ALPHA 代码在 MCDU 上显示出来,这些数据是不断更新的。

(2) AIDS 报告:此报告就是对于某个特情的一组数据,这些

数据是存储在数据管理计算机DMU里的,可以通过打印报告的形式读取出来。当特情发生后这些报告将自动生成并通过MCDU打印出来,同时存储在多功能磁盘驱动器(MDDU)上或者通过飞机通讯寻址及报告系统(ACARS)传输出去。

(3)发动机巡航报告:该报告是在飞机稳定巡航条件下产生的,它记录的是发动机工作状态、自动驾驶仪接通状态以及发电机负荷状态的数据,而且所有数据都是取自稳定工作20秒以上的平均值。

(4)发动机巡航性能报告:该报告除了采集数据时间长且提供关于飞机的更多信息外基本上同巡航报告相同。

(5)发动机起飞报告:该报告出现在起飞后几秒钟。它记录的是起飞各阶段的发动机数据和相应的无线电高度。

(6)发动机需求报告:该报告主要是在实际飞行的1—3航段中由人工输入请求来实现的。在提出请求前5秒到提出请求后5秒之间,数据每隔一秒记录一次。

(7)发动机维护建议报告:当滑油温度、滑油压力以及N1、N2振动值超标时就会产生此报告。

(8)发动机试车报告:该报告根据需求产生,它除了记录发动机巡航报告中的数据以外,还记录相应的修正参数。

四、集中故障指示系统

集中故障指示系统(CFDS)搜集所有涉及到飞机和发动机故障的信息,其主要提供的报告功能有:系统自检报告、ECAM显示故障报告、上一次飞行报告、航后报告以及以前飞行的报告等。它是由三部分构成的,分别为:集中故障显示接口计算机(CFDIU)、多功能控制及显示器MCDU以及打印机等。

作为CFDS最核心的组成部分,CFDIU主要接收来自飞机计算机的自检信息,存储在飞行或试车过程中来自飞机系统及发动机系统的所有自检故障信息和ECAM的指示信息,同时它还可以用于机务在地面调用各种航后报告和测试各系统工作情况等。CFDS系统共有两套MCDU,它们被置于油门两侧的驾驶舱控制台上,是连接机组、机务以及飞机系统之间的接口计算机,对发动机的维护及控制等工作都起到了很大的作用。

五、结论

总的来说,CFM56-5B发动机指示系统最大的也是最突出的特点就是:指示的智能化、科

学化、精确化、直观化以及全面化。更重要的是它超越了传统显示的仅仅显示数据的功能,不但为飞行员提供了很多关于特情的实际处理方法和建议,大大减轻了飞行员的工作负荷,减小了由于人为因素造成飞行差错的机率,提高了飞行员的工作效率,还为机务人员检查和维修发动机提供了大量易取而直观有效的信息,在发动机维护和排故上起到了很大的参考作用。另外,系统的全权限数字式发动机控制以及大量采用的双通道设计使之较传统的发动机指示系统显得更为可靠,更能适应现代航空发动机的日益复杂多变的工作过程及环境条件,提高了发动机正常工作的安全系数,进而也使整个飞行过程的安全性得以提高。

作为一名合格的飞行人员,对航空发动机指示系统的了解毫无疑问是十分必要的,只有这样,才能对发动机做好合理监控,确保飞行安全。相信随着人类科技的进一步发展,发动机指示系统会更先进,更可靠,更精确,对发动机的实际维护及空中发生的特情处理起到更大的作用。