

CFM56-5B 发动机启动系统常见故障分析

胡 君

(中国民航飞行学院)

摘 要: 本文以安装在 A320 系列飞机上的 CFM56-5B 发动机的启动系统为例,介绍了启动系统的组成和功用以及实际工作中启动系统的常见故障,分析了常见故障的产生机理,介绍了启动系统相关部件的改进,提出了维护建议。

关 键 词: 发动机 启动系统 启动空气活门 空气启动机

中图分类号: V263.6 **文献标识码:** A

发动机启动是指利用启动机将发动机从静止状态加速到能够保持转速的慢车工作状态的过程。它主要用于发动机的地面启动、发动机的冷转(干冷转和湿冷转)和发动机的空中重启。启动系统的不正常工作会导致航空公司航班的延误或取消,影响到航空公司的声誉和盈利。根据 CFMI 公司的统计,目前在安装 CFM56-5B 发动机的 A320 机队中,启动系统(空气启动机和启动空气活门)故障占所有影响飞机派遣可靠率因素的 12%。

一、CFM56-5B 发动机启动系统组成及工作原理

CFM56-5B 发动机的启动系统包括空气启动机、启动空气活门、空气管路和控制启动系统工作的 ECU(电子控制组件)及启动电门等。

正常启动或冷转发动机时,将驾驶舱中的模式选择旋钮扳

到“IGN/START”或“CRANK”位或按压人工启动电门,启动信号便以 ARINC429 的数据格式通过 EIU 传到 ECU 中的启动控制逻辑部分,然后 ECU 向启动空气活门 SAV 供电, SAV 上的电磁活门会使得活门中相应机构的位置发生变化,从而在空气压力的作用下打开蝶形活门,将压力空气供入到启动机。进入到空气启动机的增压空气冲击启动机中的空气涡轮作功,增压空气的压力势能转换为转动动能,从而带动发动机的高压压气机转动。在正常启动过程中,当 N₂ 达到 50%时, ECU 会自动将启动空气活门关闭,而且启动机中的离合器会将启动机从附件齿轮箱传动轴自动脱开。所以启动机在 N₂ 超过 50%后会停止工作。在非正常启动时,如出现热启动、启动悬挂,由于 CFM56-5B 发动机是 FADEC 控制的发动机, FADEC 系统会对发动机的各个

参数进行实时监控,并且对发动机提供保护,所以 ECU 会自动关掉启动空气活门,中断发动机的启动,然后给出故障报告。当然机组也可以在 ECU 自动中断之前拉回启动手柄,强行中断发动机的启动。

二、CFM56-5B 发动机启动系统常见故障

从以上发动机启动系统的工作分析可以看出,影响启动系统正常工作的是 ECU、启动空气活门和空气启动机。而在飞机的实际运营中,由于 ECU 造成的启动系统不正常工作的可能性很小,所以本文着重分析启动空气活门和空气启动机的常见故障。

1. 启动空气活门在发动机启动时打不开

这个故障在 A320 的机队中出现的频率很高(特别是在冷天),它是由于发动机的设计原因造成的。活门的内部结构如

图 1 所示。

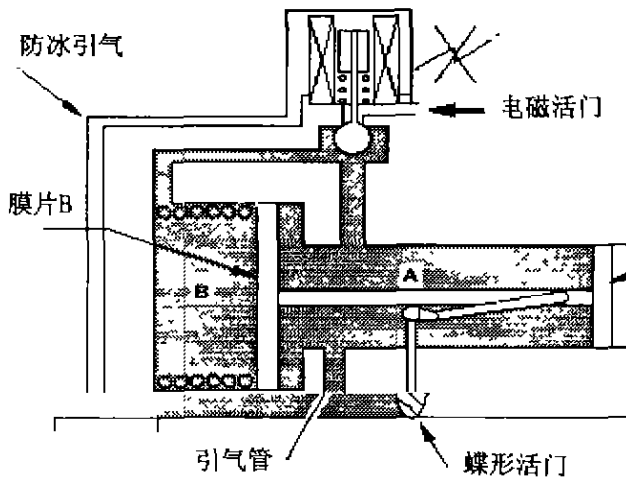


图 1 启动空气活门

在冷天,由于飞机引气系统中的压力空气带有水蒸汽,增压空气进入到低温的启动空气活门中的作动机构后会凝结、结冰,增大了分油活门移动的阻力,使 A 腔和 B 腔的压差减小,从而输出到蝶形活门的作动力矩减小,不能克服活门阻力,所以活门就始终卡在关位。这个故障可以通过驾驶舱中的 ECAM 上的活门位置指示或发动机参数反映出来,它会使得 ECU 中断发动机的启动,并且会给出发动机启动失败的警告。此故障是一 2 类故障,它可以保留 10 天。常用的处理方法是人工超控启动空气活门打开,用人工启动方式启动发动机。或将启动空气活门拆下,用热气源加热活门,重新装回后启动发动机。

2. 启动空气活门在 50% N2 时未关闭

根据 ECU 的控制,当 N2 转速达到 50% 后 ECU 会自动断开启动空气活门的供电,使启动空气活门中的 A 腔和 B 腔的压力

相等,在预载弹簧的作用下关闭蝶形活门。但很多航空公司都经历过 50% N2 转速后活门仍然没有关闭的情况,在这种情形下机组只得人为地断开 APU 的引气,中断发动机的启动,以避免启动机出现超转。出现这个故障的原因

是由于引气中的水蒸汽造成了活门作动机构的锈蚀或引气中的杂质如细沙积累在活门机构中,它们都会增大作动机构作动蝶形活门的阻力,而蝶形活门的复位靠的是预载弹簧力,如果弹簧力不能克服这个阻力和气动压力,则活门将不能完全关闭。

3. 发动机启动时启动机不工作

该故障指的是当机组将模式选择旋钮扳到“IGN/START”位或按压下人工启动电门时,启动机没有带动发动机开始工作,此故障可以由驾驶舱中发动机的指示参数 N1、N2 反映出来。产生此故障的原因可能是:

(1) 磁堵损坏导致启动机失效。在 CFM56 - 5B 发动机上曾经出现过 5 起这种故障。其中在 3 起事故中,启动机内损坏的部件击穿了启动机外壳,将发动机打坏。引起

事故的磁堵如图 2 中的左图所示。

由于启动机的磁堵检查是一定检项目,其拆/装的频率很高,有的机务维护人员在安装磁堵时,没有按照手册规定的力矩值打上力矩,或根本就是靠手感紧固,有时就造成安装力矩过大。而该磁堵是铝制的,当力矩打得过大时,该磁堵就会出现应力腐蚀。由于应力集中在磁堵上产生裂纹,启动机中的滑油就会顺着裂纹漏出启动机外,直至滑油漏光,当启动机中没有滑油润滑时,高速运转的启动机的轴承就会出现干转动,造成启动机部件的损坏,损坏的部件严重时击穿孔启动机外壳,对发动机造成二次损坏。

(2) 启动机内离合器失效导致发动机不能正常启动。由于该故障导致的启动机更换占到了启动机更换总数的大约 80%。

当启动机工作时,棘爪与棘轮啮合,启动机通过输出轴带动发动机转动;当 N2 转速达到约 60% 时,由于离心力的作用,棘爪克服簧片的预载,向外移动,与棘轮脱开,此时发动机继续工作,启动机由于启动空气活门已

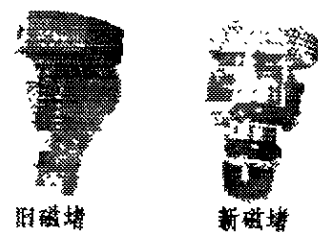


图 2 启动机的磁堵

关闭而停止工作。但在启动机的实际使用中,由于预载簧片的抗磨擦性能不好,使得弹性棘爪上的预载波动,或由于飞机引气压力波动、棘爪和棘轮接触面的磨损增大,使它们的接触面积变小,离合器长期这样工作会导致棘爪和棘轮不能正常啮合,启动机不能带动发动机正常工作。由于此故障会导致启动机超转,所以启动机必须更换。

三、启动系统的改进及维护工作建议

为了提高 CFM56-5B 发动机启动系统的可靠性,发动机厂家 CFMI 公司和启动空气活门生产厂家联信公司对启动系统的部件不断进行改进。CFM56-5B 发动机启动系统的改进项目有:

1. 启动空气活门的改进

为防止在冷天启动发动机时由于活门内结冰使得活门作动机构不能打开蝶形活门,联信公司设计、生产了一种带双作动机构的活门,作动机构对活门的作动力矩由原来的 59 lb·in 增加到 144 lb·in。该活门从去年秋天投入到部分航空公司使用后,还没有发生一起活门在冷天打不开和关不上的故障,证明了活门的改进是成功的。

2. 启动机的改进

为了防止由于人为差错使启动机磁堵安装力矩过大,损坏磁堵,造成启动机漏油进而损坏

启动机。CFMI 公司已将图 2 中左图所示的磁堵机构改为右图所示的卡口式结构,这样不但避免了安装时打力矩引起的人为差错,而且方便了磁堵的拆装。同时,CFMI 公司对启动机内部的离合器也作了一些改进,比如在棘爪和棘轮尖部增加了防磨涂层。

维护工作建议:

(1) 尽快地执行改装项目。有些改装项目如启动空气活门的改进,它并不是一个强制的改装项目,而是根据航空公司的选择进行改装的。而启动机磁堵的改进虽然是一强制改装项目,但允许航空公司在一定时间范围内改装。为了提高航班的正点率,航空公司应尽快完成这些改装项目。

(2) 加强对启动系统工作的监控。机组启动发动机时,应密切注意启动系统是否正常工作、有无异常现象如启动空气活门在超过 50% N2 时仍然未关闭。发动机不正常启动时,机组应即时中断发动机启动,防止启动机和发动机的进一步损坏。

(3) 加强维护工作

按照空客的放行标准,启动空气活门打不开这个故障可以保留 10 天,但必须采用人工启动方式启动发动机。由于在这种启动模式下,ECU 只能对发动机提供部分超限保护,所以容易造

成发动机或启动系统的超限工作,对启动机或发动机造成损坏,故建议飞机回到基地后立即更换该活门。针对活门超过 50% N2 关不上的情况,可以用 WD-40 清洁、润滑活门作动机构,根据国内个别航空公司的经验,一般可以解决此故障。如果润滑后这个故障仍然不能排除,则应更换活门。

根据空客的 MPD(维护计划手册),A 检时需检查启动机的磁堵,2A 检时需更换启动机滑油和检查磁堵。所以在作启动机的 A 检和 2A 检时,应仔细检查磁堵和滑油中是否有金属杂质。如果发现有不正常的杂质,就应怀疑到启动机有不正常的磨损。应即时更换启动机,以免对启动机造成更大的损坏。

另外,机务维护人员在航前和航后应仔细检查启动机有无滑油渗漏以及其外壳有无打伤、变形。如果启动机转速出现波动,除了检查飞机引气是否波动以外,还应检查启动空气管路是否有漏气。

要提高发动机启动系统工作的可靠性,除了尽快执行生产厂家的服务通告/改装项目外,还应了解启动系统各种故障的原因,加强对启动系统的监控和维护检查,保证航班飞行的安全、正点、舒适。