

装于 HK-86 发动机上的电子控制系统(ЭСУД)其故障占整台发动机的 37.5%。本文对该系统的典型故障进行了分析,并介绍了排除故障的方法以及预防故障产生的措施。

# HK-86 发动机电子控制系统 故障分析与排除

## Analysis and Removal of Troubles in HK-86 Engine Electronic Control System

©马盛国 王志刚 / 新疆航空公司飞机维修工程部

伊尔-86 飞机上装用的 HK-86 发动机电子控制系统(ЭСУД),具有自动调节和限制发动机在各种状态(启动、额定、起飞和反推)的工作参数(转速、排气温度、耗量、燃压)的功能,所以该系统工作的正常与否直接影响发动机的使用品质和使用寿命,对保证飞机安全有其重要意义。

新疆航空公司从 1993 年先后引进俄罗斯生产的 3 架伊尔-86 飞机至今,相继出现发动机自动电子控制系统 ЭСУД 故障达 50 余次,占发动机故障率的 35.7%。该系统在 HK 系列发动机选用附件中其技术尚属领先。为了总结经验并排除 ЭСУД 系统故障,对该系统进行了分析和制定了有效的措施,以保证发动机工作的可靠性。

### ЭСУД 系统功用和工作简介

该系统主要功用三个方面:按给定程序调节限制低压压气机转子最大转速,限制发动机各工作状态下的涡轮后排气平均温度值、在发动机启动和使用反推状态下保证发动机不超温。

为了完成上述三个功能,在 ЭСУД 系统内设置有两个调节器。这两个调节器分别输出一对脉冲信号,控制燃油调节器(АДТ)上的两个共用执行电磁活

门,使发动机供油量发生改变,实现其自身功能。

### ЭСУД 系统典型故障分析和排除

ЭСУД 系统故障,大致由下述部件中某一部件而引起的,电子组件 ЭП-664、进气温度传感器 П-98А、大气压力传感器 НКД-27 Да、热电偶 Т-93、转速传感器 ДЧВ-2500、安装架 РМ-163 等组件本身故障;或者是由于外部电路断路、短路和接触不良引起自动控制系工作不正常。下面结合典型事例逐一分析造成 ЭСУД 系统故障的原因和处理方法。

(1) 发动机进气温度传感器 П-98А 是用来测量进入发动机进气道内的空气温度,并向 ЭСУД 系统发送温度信息。进气温度不同,给定的发动机参数也不同。П-98А 是一个热敏元件,它里面装有两个互相独立的铂金电阻,其中一个连接在插头的 1 和 3 号插钉上;另一个连接在 2 和 4 号插钉上。如果传感器的插钉接触不良或白金电阻失效,会使发动机工作在非正常状态。例如,1996 年 3 月,一架伊尔-86 由 8400m 爬升至 9600m 过程中油门在额定位置,“ЭСУД 故障”牌闪亮,高压转速从 90%下跌到

84%,排气温度从 490℃下降到 420℃,耗油量从 2400kg/h 下跌到 2100kg/h,燃压只有 10kg/cm<sup>2</sup>。当飞机爬升到 9600m 后收油门至巡航状态,发动机工作转入正常,四台发动机工作参数一致。航后内检 ЭСУД 正常,对调电子组件 ЭП-644,地面试车各参数均正常,但在以后飞行中该故障有时仍出现。

从上述故障现象分析,发动机参数自动下跌的原因是由发动机电子控制系统 ЭСУД 造成的。因为当故障出现时,如果关断 ЭСУД 操纵电子门,故障现象立即消失。此故障时隐时现近一个月。从理论上分析,可能是由于线路接触不良或电子组件本身故障引起的。从 ЭСУД 系统工作原理分析,该故障与组成此系统的电子组件、传感器和执行机构有关,因为它们内部都是由线圈和电子元件组成的;另一方面是由外电路引起的。在实施工作时首先对有关部件进行了校验和更换,然后再对部分线路和外密封区总组插头进行了分解清洗。地面试车正常,飞机投入航班后,1996 年 3 月 27 日在飞行高度为 7200m 时,该故障又出现。因为有关的主要附件都被置换过,而故障仍然出现,所以,可以肯定该系统线路有问题。依据线路图册对导线及插头进行区域测量和分解检

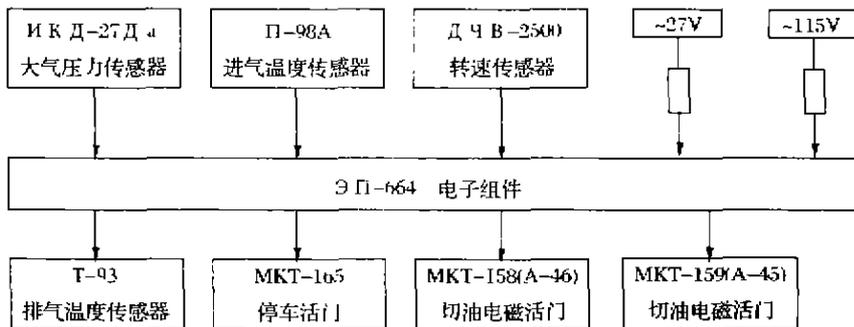


图1 发动机电子控制系统组成方块图

查,当分解到发动机进气温度传感器 П-98А 的插头时发现 4 号插钉不在规定的位置,而向后位移约有 9mm,使插钉不能有效地插入插孔内,造成线路时通时断,从而引起飞机在爬升和平飞过程中无法补偿空中较低的进气温度,给发动机电子控制系统输入一个不正确的信号,导致发动机耗油量减小,转速下跌,马力下降。修复插头后故障彻底被排除。

又如 1998 年 6 月,另一架伊尔-86 飞机译码反映一发 ЭСУД 低压转速偏高,根据原理分析是进气温度传感器内的铂金电阻失效,基本温控失调而引起发动机供油量增加,转速升高。更换进气温度传感器 П-98А 后,在以后的飞行中 ЭСУД 系统工作都正常。

(2) 转速传感器 ДЧВ-2500 安装不符合要求,会引起 ЭСУД 系统故障。

ДЧВ-2500 用于系统发送发动机转速信号,信号频率与低压压气机转速成正比。此传感器实际上是一个磁感应组件,它是由磁性材料制成的铁芯和有两个连接在插头上的线圈构成。其电阻值为 180Ω。当发动机转动时在传感器的两个绕组中产生双极电压脉冲,脉冲的幅度不小于 2V。如果传感器产生的脉冲幅度过小,势必造成发动机工作在非正常状态。例如,有一次机组反映发动机转速不能进入最大工作状态,航后更换 ЭП-664 和 PM-163 后故障仍然存在,后又对调传感器,问题仍未得到解决。后来拆检 ДЧВ-2500 发现传感器发送端子与感应端子之间的间隙过大,测量值为 1.2mm (标准应为 0.7±0.2mm) 调整间隙后,故障被排除。由此可以看出,间隙

过大,传感器线圈产生的脉冲幅度过小,送到 ЭП-664 的信号减弱,发动机转速受到抑制,从而使发动机转速不能进入最大工作状态。

(3) 电子组件 ЭП-664 本身故障会引起 ЭСУД 系统故障。

电子组件接收到来自整个 ЭСУД 系统送来的各种信息,用来进行比较和放大并输入信号至执行机构,使其改变发动机的供油量,从而发动机的工作状态发生变化,使转速、排气温度等参数与给定值相等。如果 ЭП-664 内部元器件有故障,势必造成 ЭСУД 系统故障。例如,一架飞机起飞爬升到 4500m 左右,三发油门杆未动,且转速下降 8%,耗油量降低 800kg/h,排气温度下降 60℃,同时中央仪表板上的“ЭСУД 故障”黄牌闪亮两次。对发动机电子控制系统进行内检检查,发现最大位过热牌不灭,最小位过热牌常亮。更换 ЭП-664 后,故障即被排除。

又如,一架飞机起飞后飞行 1 小时 35 分,三发“ЭСУД 不工作”信号牌亮和“ЭСУД 故障”牌同时燃亮,内检发现最小状态信号不正常。航后更换 ЭП-664 后,系统工作正常。

(4) 安装架 PM-163 故障或电缆接头接触不良也会引起 ЭСУД 系统故障。

PM-163 是电子组件 ЭП-664 和外电路的连接组件,ЭП-664 的所有输入输出信号都要经过它来传送,它的工作品质也直接影响 ЭСУД 系统的工作。例如,一架飞机译码反映飞机在 3400m 高度以上四发 ЭСУД 系统工作时好时坏。航后地面维修人员清洗四发 PM-

163 的转接头后,系统故障消失。

从上述故障可以看出,ЭСУД 系统故障出现频次较多的是由电缆接头接触电阻过大造成的。其原因有二,一是外界环境因素,如温度、湿度、空气中的尘埃和氧化腐蚀等的影响,在电缆插钉、插销间的接触表面上形成一层导电性很差的薄膜,这个薄膜就形成超正常值的接触电阻;二是插头(孔、钉)在加工和维护当中拆装方法不当造成插头(孔、钉)表面损伤或者有脏污带入,接触面凹凸不平,使导体的实际接触表面面积减小,因而当电流通过接触面时,形成接触电阻。

## 措施

(1) 在日常飞机维护工作中拆卸、分解、重装部件、零件和插头时,一定要按照《工艺卡》和《维护手册》的要求进行。方法要正确,拆装时要先对正,后用力,而且用力要适度,上下左右移动不要幅度过大,以免损伤插钉或插孔。

(2) 严禁拆装正在通电运行的机器设备,以免烧坏机器设备内部的微电子元件。拆装时一定要关掉该系统的自动跳开关和操纵电门,必要时可切断飞机电源。

(3) 在日常维护工作中注意机器、部件的清洁,将吸附在表面的灰尘擦干净,以防尘埃进入机器部件内部造成故障。

(4) 由于与机身连接电气插头组缺乏有效的密封连接,应适时对该插头组进行清洗,并施以外部硅胶封严。对其他外部密封区的转接头也应采取硅胶封严,以防止出现电气信号误差。

## 结束语

ЭСУД 系统是控制和调节发动机参数的重要系统。它的故障是由多方面因素形成的,故障现象多种多样,涉及部件线路较多,原理比较复杂,发动机在整个工作状态下都有可能出现 ЭСУД 系统的故障。排除该系统故障对飞机维修来说有一定难度。但任何故障都有它的特征,牢牢抓住发生故障的特殊现象,根据这些特点,结合本系统的工作原理认真分析查寻还是可以解决的。□