

某型发动机外场温度高问题的排故

南京航空学院 尚 义* 张保安 陈筱雄

【摘要】 本文讨论了某型发动机温度高问题,并提出了解决这一故障的措施,包括在修理厂如何严格把关和外场如何合理调整,在可靠工作的前提下,尽量减少对飞机战术性能的影响。

关键词: 涡轮喷气发动机 排气温度高 排故

1 外场温度高的原因

在修理厂或外场,出现温度高推力小这一故障的原因在文献[1]中指出:(1)大气温湿度的影响;(2)部件性能退化;(3)燃烧室出口温度场不均匀。但值得注意的是:出厂的发动机性能是合格的,当试车时出现温度高、推力小,也是经过排故后才出厂,按说出厂的发动机不应当性能不合格。其次,温度和湿度问题,在使用时,在同一时间对哪台发动机都存在影响,都是一致的,也不应当存在因此而影响引起哪台发动机“有劲”或“没劲”的问题。

生产厂刚出厂的发动机,在第一个使用期中一般不出现温度高、推力小的问题,这时候零部件的几何尺寸变化小,性能变化不明显,温度场也较均匀。在使用过程中,部件性能退化和温度场不均匀度增加是客观存在,在程度上各台发动机有差别,但总的趋势,随着翻修次数增加,问题更为突出。所以,出现问题的主要是多次翻修后的发动机。

在修理厂,从安全可靠的角度,某些零件的磨损并不影响使用,热端零部件的变形甚至不被发觉。然而在性能上要求符合一个出厂的性能标准,往往比较紧张。温度高、推力小问题,往往在夏季大量出现,在修理厂经艰难排故后出厂。在修理厂,目前排故的方法主要有:(1)在涡轮外环上加涂层,提高涡轮效率,改善循环性能,从而在不提高温度的条件下,增加推力;(2)更换个别喷嘴(仍然是在同一组别范围)使局部的流量和喷雾分布情况有些改善,使得测出的 t_4 温度有所下降;(3)待大气温度在 15°C 以下进行检验试车。

在外场出现温度高、推力小问题,原因之一可能是发动机使用过程性能继续退化,但从故障在修理厂发生的季节以及上述排故的方法,就可以表明外场出现问题的主要原因是什么。夏季在台架上出现温度高、推力小的故障多,有明显的季节性,这说明冬季出厂的发动机不都是没有问题,恰恰相反,其中必然有一定量的发动机,在外场气温较高时使用会出现问题。特别是经过以上第三种排故方式出厂的发动机更为明显。其次,某些涂层质量没有保证,在使用期内剥落也是常有的事,涂层剥落对温度高、推力小问题的排故效果就不复存在了。

2 外场排故问题

考虑到外场排故的条件比较差,应当首先在修理厂采取措施防止在外场出现温度高、推力

小的问题是非常必要的。在文献[1]中,指出大气温度对 t_4 的影响较大,这不是一般所说的温度和湿度影响和修正的问题。为了使外场不出现温度高、推力小,对出厂的发动机应当控制一下四点平均的测量温度 t_4 和燃气的平均温度(可根据 t_5 温度计算)的差值 Δt 的数值。例如可考虑在 90°C 以下。这里应当特别指出的是在气温较低的季节里要检查这一数据,或直接对所测的 t_4 进行简单的换算,以防止冬季出厂的发动机在夏季使用时出现问题。根据试验验证建议可根据下式进行换算:

$$t_{4s} = t_4 + 3(13 - t_0) + 13$$

要求 t_4 的换算温度 $t_{4s} < 700^\circ\text{C}$ 。当 $t_0 = 0^\circ\text{C}$,则要求所测的 t_4 应小于 648°C 。按上式要求,对120台发动机进行检查,其中有4台在修理厂应进行排故后出厂。

除此之外,如果在外场仍然出现温度高、推力小问题,对此,我们作以下分析。

t_4 温度对最大状态和加力状态影响的差别。在台架上或外场出现温度高时,一般是调整最大状态的喷口面积和加力状态的落压比 π_r 。计算和统计表明:在最大状态需要将 t_4 温度下降 10°C ,则应当放大喷口,而这时推力下降约 57kg ;而在全加力状态,需要将 t_4 下降 10°C ,则应调 π_r ,使 P_4 下降,而这时推力 F 下降约 127kg 。这说明同样使 t_4 下降 10°C ,加力状态时推力下降要比最大状态多一倍以上。这是因为加力状态的加力温度下降过多,为使 t_4 下降,调整了 π_r ,使 P_4 下降,而发动机在相对转速 $n=1$ 附近工作,等转速线比较陡,流量变化很少,则容积流量明显增加,而喷口面积一定,在落压比调节器的作用下,只有减少加力室的供油量才能保持 π_r 一定,因而使加力温度下降。计算表明:要求 t_4 下降 10°C ,相应地加力温度要下降 40°C 。

根据修理厂出现的问题,温度高主要是 t_4 温度高,而 t_5 并不高。这表明,确实温度场不均匀是主要的问题。因为受到 t_4 的限制,不仅 t_5 上不去,而且限制了在加力燃烧室的供油量,不少出现故障的发动机,总的余气系数 α 都在1.37以上(限制值为1.33),甚至到1.45。在技术条件中,控制 α 值,就是控制加力温度, α 高,意味着加力温度低,当 α 增加0.01,相当于加力温度下降约为 7°C 。

根据以上分析,当发现 t_4 高时,就可通过调整,在增加落压比的同时,将加力喷口的面积适当放大,其结果可使 t_4 温度下降,而加力温度不下降。这样就可大大减少推力的下降。

计算并被实践证明的结果是: P_4 下降0.007(相当于调整螺钉向里一响),可使 t_4 下降 2.5°C ,这时加力推力下降 32kg , α 上升0.014加力温度下降 10°C 。放大喷口直径 1mm ,可使推力增加 16kg ,这时 α 下降0.0125,加力温度增加 8°C 。根据以上数据,我们可以对故障机在外场进行调整,例如当 t_4 温度高于标准 10°C ,则需将落压比调整螺钉向里拧四响,这时为了补偿推力的下降,可将喷口直径放大 5mm 。这时推力的下降由原来的 128kg 改为 48kg ,即少下降 62.5% 。而这时加力温度可基本保持不变。这种处理的方法,就是将 t_5 下降,把留下的燃油加到加力室中去,保持加力温度不变,耗油率略有增加。与此相反,某型发动机改型时(从原型到乙型),将 t_5 增加 100°C ,而加力温度不变,其结果使推力增加。两者在数值上基本相当。由此也可以证明上述结果是正确可靠的。

参 考 文 献

- 1 尚义,王艳忠,郭子仲.对某型发动机全加力状态温度高推力小的剖析和排故措施.航空学报,1988,1(10)

the area ratio. Other parameters have little effect on it. The results provide the basis for testing and transonic calculation of the axisymmetric convergent-divergent nozzle.

ELIMINATION OF OVERTEMPERATURE IN TURBOJET

Shang Yi, Zhang Baoan, Chen Xiaoxing

(*Nanjing Aeronautical Institute*)

ABSTRACT This paper analyzes the reasons of the overtemperature in a turbojet and provides the available measures to eliminate it, such as the strict requirements for the engine overhaul at the repair factory and the reasonable engine adjustment in the field maintenance. It is essential for the field maintenance to adjust properly the relationship between the turbine pressure ratio and the exhaust nozzle area, so that the turbine gas temperature comes down without afterburning temperature drop. In this way, the influence of the above problem on the operational performance of the engine can be minimized on condition that the engine reliability is guaranteed.

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TWO NEW VIBRATION MODES OF THE DISK-SHELL SHAPED GEAR

Yan Litang and Qiu Shijung

(*Beijing University of Aeronautics and Astronautics*)

Gao Xiangqun

(*Nanhua Power Plant Research Institute*)

ABSTRACT Two new vibration modes of the disk-shell shaped big medium gears placed on the three separate medium shafts of a turboprop engine have been found. They have the same nodal diameters as the conventional ones but their frequencies are higher. The tooth ring vibrates both radially and axially and has greater deflection than the gear hub. The resonance of these two new nodal diameter modes is much more dangerous than that of the conventional nodal diameter modes. Moreover they occur just nearly at the upper and lower bounds of the gear operating speed range. A special detuning method is developed for removing the resonance of these two new modes out of the upper and lower bounds respectively and the effectiveness of the damping rings in this case has been researched. The vibration responses measured on the reductor casing have been then reduced to a quite low level after the damping rings were applied to the three big medium gears.

CALCULATION OF FLASH TEMPERATURE ON TOOTH SURFACE OF INTERNAL HELICAL GEARS

Fang Zongde, Chen Guoding, Shen Yunwen

(*Northwestern Polytechnical University*)

ABSTRACT An accurate calculating approach for flash temperature of internal helical gears is presented. Firstly, the load distribution on tooth surface is obtained by using 3-D finite element method and loaded tooth contact analysis technique. Then, the relative velocities and curvature radii