

某型涡喷发动机状态监控与 主要故障诊断系统方案

空军工程学院 周宗才 李应红 王增益

某型涡喷发动机技术水平低,可靠性和使用维修性差。在飞行过程中,时有喘振、超降转、自动停车等严重故障发生,地面又常常不能再现,难以分析故障原因,更谈不上预测故障。研制和发展状态监控与故障诊断技术,对摸清故障的原因及规律,及时预报故障,避免大事故是必要的。它还可以提供机件使用情况的信息,以利由定时维修过渡到视情维修。

一、监测参数的确定

监控系统由机载计算机监控装置和地面数据处理计算机两部分组成。机载装置要能及时判明停车、喘振、严重超降转故障,及时向飞行员报警,并记录故障前后一段时间的有关参数,或按指定的飞行状态采集发动机最大工作状态数据,供地面计算机作性能分析和预测故障。监测参数围绕发动机三大故障来选取。

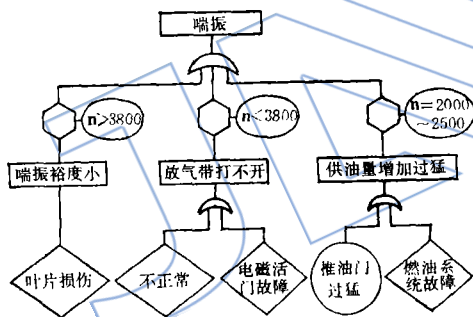


图1 喘振故障树

(一) 故障原因

1. 喘振 喘振的故障树如图1所示。多年使用经验表明,喘振的主要原因是:

(1) 放气机构故障。离心活门的分油活门紧涩、卡住(抱轴)、轴承磨损,放气带电磁活门失常和放气带作动筒工作不正常,造成 $n < 3800\text{rpm}$ 放气带打不开而喘振。

(2) 压气机涡轮叶片损伤,使喘振裕度减小,发动机在 $n = 3800\text{rpm}$ 附近作低空大速度飞行或以0.8额定作三转弯飞行时喘振。

(3) 油泵转子部件磨损,金属屑进入等差活门、加速活门等处,造成活门运动不灵甚至卡住,或飞行员推油门过猛,使供油量增加过多而引起喘振。

2. 超降转 降转有一般性降转和突发性降转两种,故障树如图2所示。

一般性降转主要由发动机内部损伤、油泵效率下降、放气带未关死、调整不当引起。突发性降转由喘振、滑油系统故障,使滑油耗尽;燃油系统故障,使柱塞卡死,等差活门卡在打开位置,供油量过少引起。超转伴随超温,一般由调整不当引起。

3. 自动停车 自动停车主要由喘振、突发性降转和飞行员推油门过猛引起。故障树如图3所示。

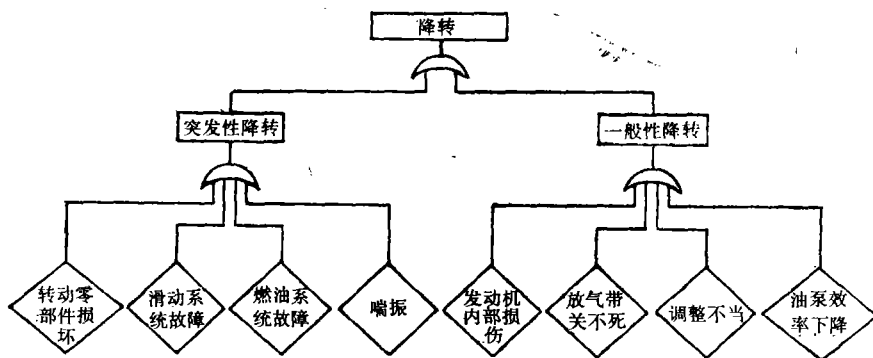


图2 降转故障树

(二) 监测参数的选择

1. 故障监测参数 故障监测主要监测喘振、超降转和自动停车三大故障的主要信息量。

(1) 滑油系统不论是漏油、油气分离器分离不出滑油，还是油泵不供油，都将表现为滑油压力下降而小于最小允许值。因此可用滑油压力 p_1 小于最小允许值来反应，即

$$p_1 < p_{1\min} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 自动停车。不管是贫油停车还是富油停车，最终都表现为油门角度 α 大于慢车油门角度 α_{id1} ，而转速小于慢车转速，即

$$\alpha > \alpha_{id1}, \quad n < n_{id1}$$

(3) 喘振的反映方式很多，根据我们的具体条件，可选两种方式。

第一种是根据发动机喘振时温度陡升而转速不增或下降的现象。这是WP-8发动机其他状态所没有的现象，此现象用下式判定

$$dT_4^*/d\tau > (dT_4^*/d\tau)_{\max}, \quad dn/d\tau \leq 0$$

式中 $(dT_4^*/d\tau)_{\max}$ ——发动机某转速范围内允许温度陡升的极限值。

第二种是根据喘振时压气机出口压力下降且有较大脉动，转速不增或下降的现象来判定，即

$$dp_2^*/d\tau < (dp_2^*/d\tau)_{\min}, \quad dn/d\tau \leq 0$$

式中 $(dp_2^*/d\tau)_{\min}$ ——发动机其转速范围允许的压力陡降的极限值。

(4) 超降转。只需知转速 n 、油门角度 α 、温度 T_4^* 便可判定超降转及超温的情况。

由上分析可见，诊断三大故障，需监测油门角度 α 、发动机转速 n 、排气温度 T_4^* 、滑油压力 p_1 、压气机出口压力 p_2^* 。要找出故障原因，还要监测放气带位置 D ，发动机进口总压 p_1^* 、总温 T_1^* 和副油道燃油压力 p_f 。

2. 性能趋向分析监测参数 性能趋向监控是在起飞状态记录发动机最大状态参数，用这些参数的偏差来分析发动机工作性能。可用方法有三种：

第一种方法是在时间——偏差的平面上描出偏差趋向曲线。偏差大到一定程度，认定是故障。

第二种方法是性能参数与工作参数的小偏差指标。以测量参数的小偏差量计算出性能参数的偏差值,推算发动机的工作情况。

第三种方法是用偏差数据的一定组合来判断故障及故障的原因。

第一种方法容易实现,第三种方法较先进,但要求测量精度高。但无论那种方法,一般要监测 n 、 T_4^* 、 p_2^* 、 p_0^* 、 T_0^* 及 p_1 和燃油流量 Q_f ,为减少在发动机上的改装, Q_f 用 p_f 来代替。可见这几个参数包含在故障监测参数中。

二、机载计算机监测方案

机载计算机监测装置是以单板计算机为中心的数据采集和诊断系统。计算机软件包括监控程序和参数检测处理程序两部分。它具有三个功能。(1)从发动机起动,监测装置开始工作。由故障监测到性能趋向监测和由性能趋向监测到故障监测的过程全自动进行。(2)监视发动机起动开始整个工作过程中是否存在喘振、滑油系统故障、超温超转和停车,当其中之一故障发生时,及时向飞行员报警,并自动记录故障前后一段时间的有关参数。(3)接收飞行员或维护人员的指令,停止工作或记录所需时刻的参数。

三、地面计算机数据处理系统

地面计算机数据处理系统要完成两种功能。(1)诊断故障,作出维修决策。故障诊断程序是根据故障树、利用逻辑推断的数学方法,结合监测程序编制的。计算机根据机载计算机记录的故障时的参数诊断故障原因。(2)作性能趋向分析。基本原理是利用发动机标准状态下的 $\pi_k \sim n$ 、 $p_f \sim n$ 、 $T_4^* \sim n$ 曲线与监测到的 π_k 、 p_f 、 T_4^* 的换算值在同一转速下比较,求出偏差数据。

(责任编辑 王庆康)

values as input data for the Jacocks' method. The comparison of the distortion prediction results with the experimental data demonstrates better agreement.

APPLIED PROGRAM OF IDENTIFYING TRANSFER FUNCTION

Tang Runxin and Li Ping
(*Gas Turbine Establishment*)

Abstract

The algorithm and the computer program TFIP used to identify the transfer function models from experimental frequency response data are presented. It is also considered how the selection of the model orders, the selections of the equation error and real error tolerance, and the modes for updating weight coefficients affect the convergent speed and identification results. The new term rejection criterion and the method for updating weight coefficients by variable mode are proposed, the former can simplify the program, and the latter may greatly accelerate the convergence of the weight coefficients.

A SCHEME OF CONDITION MONITORING AND MAIN FAULTS DIAGNOSING SYSTEM FOR A TURBOJET ENGINE

Zhou Zongcai, Li Yinghong, Wang Zengyi
(*Air Force College of Engineering*)

Abstract

In order to enhance the ability of diagnosing faults and improve maintenance, we develop a condition monitoring and main faults diagnosing system for a turbojet engine. The whole system is divided into two sub-systems: the engine operation monitoring and the ground computer data processing. The former is used for analysing engine performance tendency and diagnosing some main faults in the engine, i.e., engine-surge, exceeding drop rpm, auto-flameout and so on. In addition, it can record the parameters at take-off or before and after fault occurs. When faults take place in the engine, it can also give pilots warning. The latter is used for analysing reasons of faults and estimating engine performance tendency.

MATHEMATICAL MODELLING AND DYNAMIC ANALYSIS OF A BOOSTER STATION DRIVEN BY WZ5G AEROENGINES

Lu Zehua, Ye Bosheng, Yang Yiming
(*Tsinghua University*)

Xu Chaoqun
(*Wuxi Aeroengine Research Institute*)

Abstract