

JT 8D 发动机燃油调节器故障研究

中国民航学院 许春生* * 于智礼 马乾绰

【摘要】 本文简要介绍中国民航 B737-200 型飞机上使用的 JT 8D 发动机燃调故障研究结果。该课题通过理论分析、仿真研究、调整试验以及排故隔离框图的确立和实施,有效地降低了燃调故障拆换率,奠定了立足国内检修燃调的基础,取得显著的经济效益和社会效益。并且使我国民航发动机附件翻修摆脱了仅能检修老机型的局面,跨入翻修新机型的阶段。

关键词: 燃油调节器 故障拆换率 故障隔离程序 检修率

1 前 言

B 373-200 型飞机八十年代陆续引进我国。其动力装置是两台 JT 8D-17A 涡扇发动机。发动机装用 JFC 60-2 燃油调节器。使用中同燃调有关的故障较多(见表 1),燃调故障拆换率高成为当时突出的问题。而且拆换下来的燃调全部送国外检修。

表 1 广州 1985~ 1987 年燃调故障拆换统计

年份	在用飞机架数	在用燃调台数	年飞行小时	年燃调使用小时	故障次数	燃调故障拆换台数	千次率
1985	7.3	14.6	18141	36282	13	6	0.1650
1986	12	24	28474	56948	12	6	0.1053
1987	11	22	27427	54854	14	7	0.1276
平均							0.1326

故障类型分布见表 2。

表 2 故障类型分布

年份	参数摆动	启动温度高	双发不匹配	EPR 不足	其他	小计
1985	6	4	3			13
1986	5	3	4			12
1987	5	5		3	1	14
小计	16	12	7	3	1	39

从广州的统计可见,启动温度高、参数摆动、双发参数不匹配和最大推力(EPR)不足为多发性故障。该型燃调外场允许的调整部位仅慢车及部分功率两个调整钉。外场排故措施主要是清洁 P_{s4} (压气机出口压力) 管、调两个调整钉及更换燃油调节器。这使每 1000 飞行小时,燃

调故障拆换率(千次率)最高为 0.1650, 平均 0.1326, 送外检修率为 100%。它不仅提高了维修成本, 同时也严重地影响到飞机的利用率和航班的正常运行。

2 故障分析系统

通过对故障情况和处理措施的分析, 拆换率高有燃调本身磨损、损坏问题, 也有使用调整不当、误拆错换的问题。为降低燃调的故障拆换率和送外检修率, 需要准确判断多发性故障的起因, 采取有效的维护措施; 需要对燃调的工作原理及发动机有清楚的了解, 对故障查找及排除有明显的方向; 需要外场、内场紧密结合共同解决。为此, 进行了以下工作: (1) 理论分析; (2) 仿真研究; (3) 实验研究; (4) 建立和实施排故隔离程序。

下面仅就该型燃调主要特点, 转速控制系统和故障隔离框图做些说明。

JFC60-2 燃油调节器是美国汉米尔顿公司生产的液压机械式燃油控制器的典型代表。同该系列燃调的早期型号(如 JFC25, JFC31)及后期型号(如 JFC68, JFC78)虽有差异, 但设计原理在许多方面是相似的。该燃调由计量部份和计算部份组成。计量部份按驾驶员的推力要求并在发动机工作限制内供给发动机所需燃油; 计算部分感受和综合各种参数在所有发动机工作状态控制计量部分的输出。计量燃油流量是功率杆位置(α), 压气机出口压力(P_{s4}), 压气机进口温度(T_{e2})和发动机高压转子转速(n_2)的函数。计量活门和压力调节活门共同工作, 通过保持计量活门的压差恒定改变计量活门流通面积改变供油量。以计量燃油流量对压气机出口压力的比值(W_f/P_{s4})作为控制参数。按油气比实现程序加速控制。由三维凸轮作为加速限制凸轮, 三维凸轮感受压气机转速而轴向移动, 感受压气机进口温度而周向转动。三维凸轮和下垂凸轮相互配合控制加速、稳态和减速。转速控制系统是比例式的, 带刚性反馈。保持等转速的调节规律。

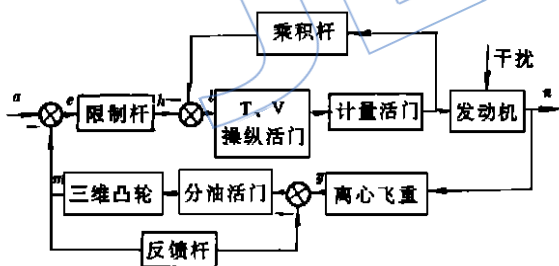


图1 转速控制系统

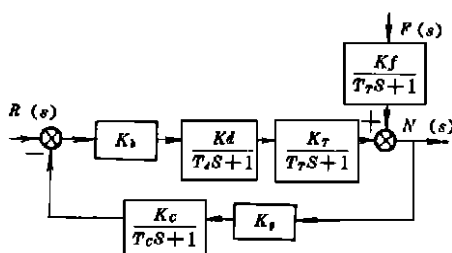


图2 简化方块图

转速控制系统及其简化方块图见图1和2。

系统输出

$$N(S) = \frac{K_b K_d K_T (T_c S + 1) R(S) + K_f (T_d S + 1) (T_c S + 1) F(S)}{(T_c S + 1) (T_d S + 1) (T_T S + 1) + K_y X_c K_b K_d K_T}$$

系统特征方程

$$T_c T_d T_T S^3 + (T_c T_T + T_d T_T + T_c T_d) S^2 + (T_c + T_d + T_T) S + K = 0$$

式中: $K = 1 + K_y K_c K_b K_d K_T$ 。 T_T 、 T_c 、 T_d 为发动机、转速伺服系统、计量活门伺服系统时间常数。 K_T 、 K_b 、 K_c 、 K_d 、 K_y 为发动机及各环节放大系数。 $F(S)$ 为干扰量。

在发动机及燃油调节器的半物理仿真研究中, 简化的发动机模型方程取

$$0.4141(d\bar{n}_2/dt) + \bar{n}_2 = 5295.33\bar{w}_f$$

加入不同量的阶跃干扰和脉冲干扰时,由转速输出响应曲线分析,闭环控制系统能够稳定工作,同时存在稳态误差。

针对燃调多发性故障,分别建立起故障隔离程序框图,并将飞机系统和发动机系统结合考虑。例如启动温度高可能由燃调故障造成,也可能是非燃调原因所致。在决定更换燃调之前必须预先排除非燃调方面的故障,参照图 3(主要部分)。

* 此项工作常需要换发并进行热部件检查。

从燃调来看启动温度高属供油计划向富油方向移动所致。首先检查计量活门压差是否在规定的范围之内,判断压力调活门是否有故障(象活门衬套密封圈切断;活门和衬套之间摩擦过大)。如压差在规定的之内,需检查 $W_f - P_{s4}$ 特性线是否偏移,判断计量活门伺服系统是否有故障(象计量活门反馈弹簧钩磨损;反馈弹簧在乘积杆上定位不正确;计量活门调准弹簧装配不当;调整弹簧无调整量;乘积杆支架定位不当等)。需检查 $W_f - P_{s4}$ 特性线斜率是否改变(象限制杆支点销夹紧螺钉松动;限制杆支点销或孔磨损;最大比值调整钉松动;比值滚轮导槽或滚轮轴磨损等原因)。然后有针对性的排除。

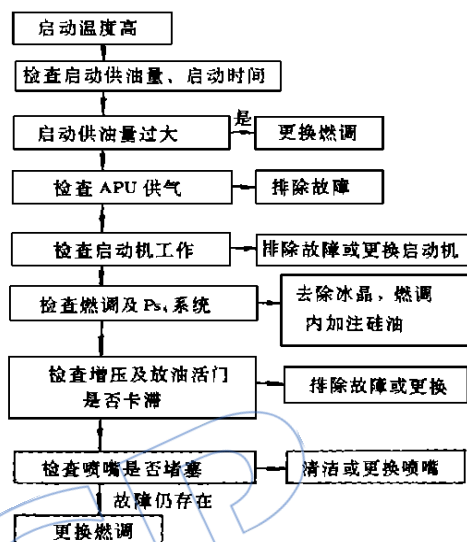


图 3 故障隔离程序框图

3 应用结果

外场应用排故隔离框图取得很好效果,特别是排除一些隐蔽性强的故障。例如,1989年6月12日,2505号机右发启动温度高。地面用APU(辅助动力装置)供气试车检查,燃油流量1000磅/时,排气温度550℃,启动时间26秒。从现象上看似因燃调启动供油量大造成启动过热。但注意到启动时间长,用隔离框图检查发现APU引气系统有故障。改用地面气源车启动,排气温度485℃,启动时间20秒。排除APU引气故障后工作正常。又如1988年8月22日,2512号机右发动机启动温度540℃,燃油流量800磅/时。从现象上看故障可能出自燃调或出自供气系统。按故障隔离方法检查,未见飞机或发动机系统方面故障,故判断发动机本体可能有故障,决定换发。后对发动机热部件检查发现,第1级高压涡轮叶片严重烧损,燃油喷嘴亦严重堵塞。由于换发及时,避免了发动机进一步损坏。三年多来,燃调故障拆换率已显著下降。千次率从1985年0.1650下降到1991年(1~9月)0.0657。取得了显著的效益。

内场调试在北京飞机维修工程有限公司综合实验台进行。通过燃调故障研究,摸到JFC60-2燃调调整规律并促进内场承接JT8D发动机燃调检修任务。例如,1990年3月21日,2503号机因启动温度高换下燃调A7379,经在实验台运转检查, W_f/P_{s4} 比值偏高,启动、加、减速均比正常供油计划偏高。判断启动过热系供油计划偏高。经调整之后使各项指标均在规范要求之内。该型燃调故障研究结果现正推广应用于MD-82飞机的发动机燃调JFC60-6上。

finite element method, mathematical programming technique and Block's equation. The calculated results show that the highest flash temperature occurs at the mesh beginning and finishing corners on the tooth flank where scuffing could happen. Further, a tooth profile modification by a parabola is presented. Through the agency of optimization programming with an object function of minimizing the highest flash temperature, the optimal profile modification can be obtained. According to the numerical example, the scuffing limit load could be raised 2.5 times as unmodified helical gears. Finally, the influence of the supporting structure on the distribution of flash temperature is discussed. An optimal profile modification method is developed, which takes the deformation of supports into consideration.

PRIMARY RATED LIFE ESTIMATION FOR TURBINE DISC

Jia Jun, Long Shenggang, Tang Pingxuan

(Guizhou Aeroengine Institute)

ABSTRACT The estimation of the primary rated life is studied for a aeroengine turbine disc. A method for this purpose is considered and put into practice. The rated life of turbine disc is predicted by local stress-strain approach, Larson-Miller curve and Masson Linear rule. And then it is proved by tests. In the life test investigation of the turbine disc, the equivalent accelerated test loading spectrum provided according to equivalent rule (without changing dangerous position and damage characteristics) not only accelerates test, but also satisfies life test specifications. Besides, the turbine disc is enclosed in a case heated up by middle-frequency electro-induction. This method improves hotting characteristics of a turbine disc tester.

RELIABILITY CALCULATION IN CONSIDERATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF A MATERIAL AS RANDOM PARAMETERS

Lu Wenlin and Fu Shuang

(Northwestern Polytechnical University)

ABSTRACT A method of reliability calculation for directionally solidified turbine blade has been provided, which mainly considers physical parameters as random by means of stochastic FEM and Hasofer-Lind method. The method ensures convergency of its calculation, so it is feasible. The calculation results indicate that physical parameters as random ones have less influence on the failure probability than the loading and mechanical parameters.

FUEL CONTROL FAILURE RESEARCH FOR JT8D ENGINE

Xu Chunsheng, Yu Zhili, Ma Qianchao

(Civil Aviation Institute of China)

ABSTRACT A failure research of the fuel control in JT8D turbofan engine has been completed, which results in effective reduction of its unscheduled removal rate and sets up the foundation for domestic fuel control repairs. The theoretical analysis, simulation, adjustment tests, establishing and practising the diagram of failure insulation are applied to the failure research. Its economic and social benefits are obvious.