

# 辅助动力装置(APU)状态监控故障诊断系统研究

刘 昕

(中国民航大学 工程技术训练中心, 天津 300300)

**摘 要:**当代大型喷气式客机的机载辅助动力装置(APU)是飞机中一个重要系统,为了提高飞机维修的经济性、减少延误,开发出了APU状态监控和故障诊断系统。该系统有极大的创新性,为飞机系统的状态监控故障诊断领域奠定了基础。

**关键词:**APU;飞机维修;故障诊断;状态监控

**中图分类号:**V263.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-9233(2008)03-0006-03

在飞机维修工作中,为了恢复和保持飞机处于适航状态,广泛运用了多种机务维修方式,早期的定时维修经济性不足,而视情维修存在着安全性隐患,唯有最近不断发展的状态监控和故障诊断技术兼顾了安全性和经济性,在实际维修工作中收到了很好的效果。然而,现阶段状态监控和故障诊断技术仅立足于飞机的大型发动机,大型发动机是一个多参数评估系统,它与其他飞机系统有很大差异,还不能广泛推广,因此成为制约飞机的状态监控和故障诊断系统开发的一个重大瓶颈。随着空地数据链的使用,飞机各系统的状态参数开始丰富起来,飞机系统的监控随着大量空余飞机系统状态数据的出现而成为可能。因此,在原有发动机状态监控和故障诊断技术的基础上,我们制作了APU状态监控和故障诊断的系统,为飞机其他重要系统的监控系统进一步的工作打下了坚实的基础。

## 1 状态监控技术的发展

我国原有的飞机维修方式是延续原有俄制飞机的维修方式,大多数采用定时维修,定时维修是按平均磨损时间定时换件或翻修的维修方式。由于不论机件状况如何,必须按期更换机件或翻修,为防止重要机件出现故障或损坏而造成严重事故,需要浪费大量的机件寿命来提高飞机的安全系数。随着技术的发展,产生了视情维修方式,它是根据机件物理量值与可容许标准恶化值的对比来决定是否维修的方式。按时检测一些机件和部件的特征量,并把这些特征量与

可容许的标准值对比,如果超过可容许的标准值,即进行拆换或翻修。但很多的恶化是隐形的,会给飞机带来潜在的安全隐患。

状态监控维修方式是依靠收集和分析机件各种表征参数,监视机件的工作状态,容许这些机件使用到故障、损坏或失效前的某个表征状态,并针对各系统重要性和飞行任务进行评估和排队,依机件的可靠性的比较结果进行互换或维修的方式。此方式的明显好处在于随时了解机件的工作状况,并预测可能出现的故障或失效,提前进行准备和预防。

## 2 着眼于经济性的飞机状态监控技术

由于飞机发动机的性能关乎飞机运行的安全性,现在针对飞机发动机的状态监控技术正迅猛发展,而飞机其他重要系统的状态监控技术,由于对飞行安全的贡献有限而没有纳入议事日程。发动机的状态监控技术不断完善,在运行经济性方面产生了显著的效益;状态监控技术不仅满足对安全性的全面提高,也使维修的计划性增强,明显降低民航客机的延误率,维修和运营的经济性显著改善。

飞机运行的经济性问题包括维修导致延误的经济问题和维修本身的经济性问题。例如:航材、维修、返场等一系列成本,这两者与所采用的维修方式密切相关。随着发动机采用了状态监控技术,由故障而发生的航班延误的不断减少,维修本身经济性也得到改善,现在大型飞机其他重要系统故障逐渐取代发动机故障成为航班延误的主因。以气源系统

收稿日期:2008-01-21

**作者简介:**刘 昕(1978-),男,山东省招远县人,现为中国民航大学工程技术训练中心机务机械类教师,助教,主要从事领域:航空APU、人为因素、航空法规等研究。

为例,它所引发的故障所造成的航班延误率为 7%,居所有系统故障的第三位,因而迫切需要降低其延误率,改善运行的经济性。因此,针对大型飞机重要系统的状态监控系统的意义已经为人们所认识,今后一段时期内将得到进一步发展。

### 3 APU 的状态监控和故障诊断系统

发动机的状态监控技术是通过通过对发动机的气路参数和旁路参数进行监控实现的,发动机主要提供飞机推力,直接决定发动机性能的气路参数主要有:EGT(涡轮排气温度),N1(低压转子转速)或者 EPR(增压比),N2(高压转子转速)和 FF(燃油流量);旁路参数是间接影响发动机性能的参数,这些参数也同样是极其重要的,主要有:VIB(振动指标),OP(滑油压力),OT(滑油温度),OL(滑油量)。这些参数具有很好的表征意义,EGT 表征了发动机的性能衰退,N1 或者 EPR 表征了发动机推力,N2 是压气机性能的很好表征,FF 则表征发动机的效率。

利用空地数据链,飞机在飞行中会将监控参数进行简单处理,同时传给维修基地。维修基地进行数据解码后,将这些解码后的数据提供给状态监控和故障诊断软件,软件对数据进行筛选,并剔除有明显缺陷和不正确、不完整的数据,然后这些数据再用发动机的工作状态和大气条件换算成标准工作状态,进行平滑处理,最终与发动机的基线进行比较得到发动机的衰退表征和故障表征。衰退表征决定了发动机的寿命,针对发动机的剩余寿命进行排队,可以比较出发发动机的健康状态;故障表征与相应的特征故障谱对比得到可能的故障和排故措施以便一旦返回基地马上进行修理。

APU 是一台单级涡轮发动机, 仅为飞机提供电源和气动压力源。APU 的状态监控和故障诊断系统的特征参数虽然也分为气路参数和旁路参数, 但由于 APU 的运行状态是固定的 (转速和输出气压也是调定的), 且 APU 的故障多出现在启动过程中, 各项性能和喘振的预防由放气活门 (IGV) 开度调节, 燃油流量随控于 IGV 开度而无监控意义。因此原有的特征参数由四个变成一个 EGT, 显然是不够的, 需要补充一些监控参数。包括表征 APU 的启动性能的 EGT 峰值; 表征 APU 的主要负载的 TBP 总管压力和总管流量。

在实践过程中,依据国内具有成熟的空地数据链的 777-200 的 GTCP331-500APU 机队为基础进行系统研发,按照原有的发动机监控的模式,并兼顾了 APU 的很多专著特征开发了 APU 状态监控及故障诊断系统。系统组成如图 1 所示。该系统在以航空发动机系统设计前提下作了适当的改动。

鉴于 APU 的性能报告必需表征 APU 本体性能,报告中的数据在使用前同样进行了数据的剔除、换算和平滑计算,并依据性能报告制作出趋势报告(如图 2 所示)。通过 APU 的性能趋势与基线的对比,可以判断出 APU 健康状况。由于无需对 APU 的运行状况进行判断(转速,气压不达标即为

故障),因此增加了相关寿命和故障方面的表征作用,表征函数的变化使趋势报告针对 APU 的寿命的判断更加准确。

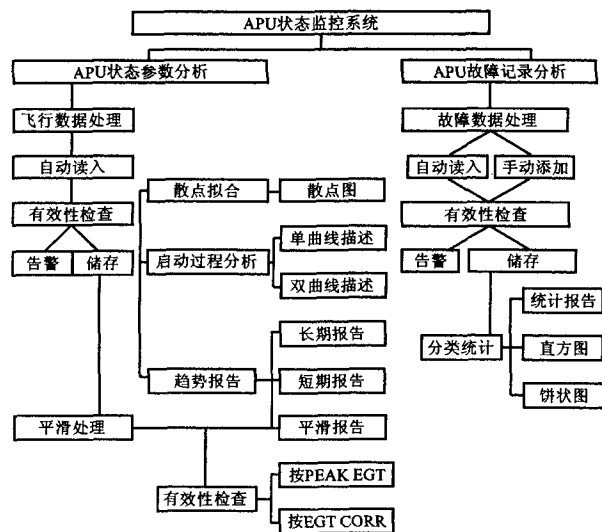


图1 APU 状态监控及故障诊断系统架构

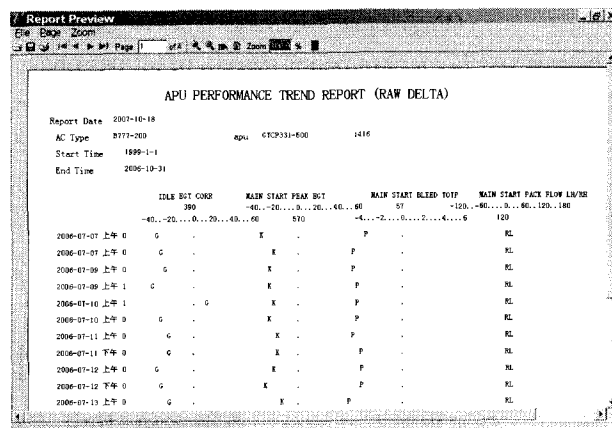


图2 APU 性能趋势报告

由于 APU 的故障主要发生在 APU 启动前后,因此,需要特别针对 APU 的启动做专门的监控,特别要求可以将 APU 的启动过程进行对比分析,因此在状态监控系统中设计了启动过程监控的环节(如图 3 所示)。从图中可以看到启动过程发生的问题,IGV 活门故障以及 APU 喘振等问题出现的故障表征。此外,通过该图还能为进一步了解 APU 的启动过程导致故障机理提供研究资料。

## 4 结论

APU 状态监控和故障诊断系统的开发在这种背景下为大型飞机系统的状态监控和故障诊断系统开发技术奠定了实践基础,而且是非常有意义的推进。这种技术的不断发展不仅可以解决当前机务维修领域劳动强度大,人为因素问题突出,而且可以改善航空公司运行的安全性和经济性,为新一代更安全更高效的航空器提供可靠的运行保障。

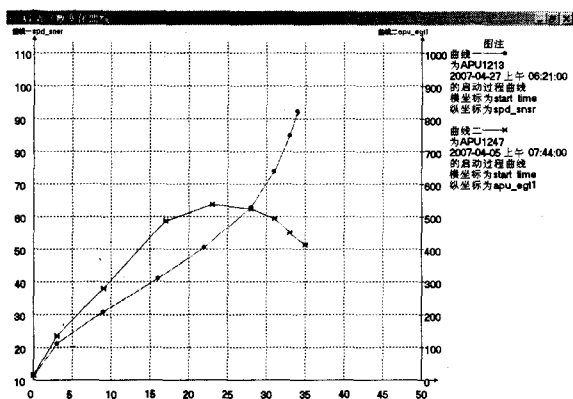


图 3 启动过程曲线

大型飞机系统的状态监控和故障诊断系统开发技术,在国内现阶段还是前沿的研究领域,在国际上这项研究也还没

有取得重大的进展。在新的时代随着通讯技术和计算机技术的发展,使用新的大型飞机各个系统全面的状态监控和故障诊断是世界航空业的努力方向。

## 参 考 文 献

- [1] 杨鹏,刘少平. APU 非正常自动停车的讨论[J]. 航空维修与工程, 2004(4): 77-78.
- [2] 乔淑静,杨士峰. 波音 737-800 型飞机 APU 启动发电系统典型故障分析[J]. 航空维修与工程, 2003(5): 38-39.
- [3] 李延林,高雪峰. GTCF85-98DHF 型 APU 启动故障分析[J]. 机务维修与工程, 2003(5): 36-37.
- [4] 许春生. 燃气涡轮发动机[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2006: 152-156.

[责任编辑:校对:王培华]

## Exploration on CPU's Obstacle Status Monitoring Diagnosing System

LIU Xi

(Engineering Technology Training Center, China University of Aviation, 300300, Tianjin, China)

**Abstract:** APU, a paramount system of jet passenger plane. Development of APU status controlling and accident diagnosing system has been executed to improve economization of airplane maintenance and reduce delaying. With innovation in the system, the essay laid foundation for airplane's system accidental diagnosing in status controlling.

**Key Words:** APU; Airplane Maintenance; Accidental Diagnosis; Status Controlling

## 中国学术界对学术期刊的分级

学术界对期刊的分级有很多种,其中,《中文核心期刊要目总览》、《中国科技论文统计源期刊》、《中国科学引文数据库来源期刊》、《中国人文社会科学核心期刊要览》、《中国社会科学引文索引来源期刊》在我国学术界影响最大。

## 1.《中文核心期刊要目总览》

是国家社科基金项目研究成果,由北京大学图书馆与北京高校期刊工作研究会共同主持。

## 2.《中国社会科学引文索引》(CSSCI)

是国家社科基金重大项目、国家教育部重点社科项目研究成果。该索引由南京大学中国社科院研究评价中心研制。

## 3.《中国人文社会科学核心期刊要览》(又称中国人文社会科学核心期刊)

是中国社会科学院文献信息中心在多年的期刊研究基础上完成的一项科研成果。

## 4.《中国科学引文数据库》(CSCD, 又称中国 SCI、CSCI)

由中国科学院文献情报中心研制。

## 5.《中国科技论文统计源期刊》(又称中国科技核心期刊)

是中国科技信息研究所受国家科技部委托,按照美国科学情报研究所(ISI)《期刊引证报告》(JCR)的模式确定。

(本刊编辑部)