

文章编号: 1000-8055(2009)05-1166-05

航空发动机故障报告、分析和纠正措施系统模型的构建

林海英¹, 王井然²

- (1. 北京航空航天大学 无人驾驶飞行器研究所, 北京 100191;
2. 哈尔滨东安发动机(集团)公司 技术中心, 哈尔滨 150066)

摘 要: 针对航空发动机研制中的信息分散, 不能及时纠正和管理的问题, 提出构造有效的故障报告、分析和纠正措施系统平台和数据库集中管理的方法, 利用该方法能够对发动机故障实施有计划、有组织、按程序地开展调查、分析和纠正的组织工作, 保证故障原因分析的准确性和纠正措施的有效性, 对故障实行闭环控制, 彻底消除故障产生的原因, 从而真正实现问题“归零”, 为发动机研制单位成功实现高效率、高水平、高起点、归零控制等质量目标提供保障。

关 键 词: 航空发动机; workflow; 故障处理; 故障分析; 故障归零

中图分类号: V239

文献标识码: A

Method of failure reporting, analysis and corrective action system model for aircraft engine

LIN Hai-ying¹, WANG Jing-ran²

- (1. Unmanned Aircraft Institute,
Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China;
2. Technological Center,
Harbin Dongan Engine (Group) Corporation, Harbin 150066, China)

Abstract: The method of failure reporting, analysis and corrective action system (FRACAS) for aircraft engine was proposed in this paper, whereby we can investigate, analyze and correct the design in a well-planned and orderly manner. It can be used for identifying the exact reasons and ensuring the availability of corrective action. This method is effective to control the failure in close loop and get rid of reasons affecting the product. In this way, the method can guide the programming of simulation software. The result is to improve the ability of rivalry and the ability of market reaction. It can help the aircraft engine manufacturers to achieve success in quality management and efficiency for high level and zero failure. The method is useful and effective in the practice.

Key words: aircraft engine; workflow; affection of failure; analysis of failure; failure turn zero

故障报告、分析和纠正措施系统(Failure reporting, analysis and corrective action system FRACAS), 是一种规范化的故障报告、分析和处

理的管理技术。在系统发生故障后, 运用 FRACAS 对故障有计划、有组织地按程序进行调查分析和纠正工作, 保证故障原因分析的准确性和纠

收稿日期: 2008-04-17; 修订日期: 2008-07-29

作者简介: 林海英(1971-), 男, 吉林省吉林市人, 工程师, 硕士, 主要从事航空发动机总体设计研究。

正措施的有效性,对故障实行闭环控制,彻底消除故障产生的原因,实现问题归零,使发生的零部件故障能得到及时的报告和纠正,从而实现产品可靠性的增长,达到对产品可靠性和维修性的预期要求,防止故障再现. FRACAS 建立了质量与可靠性信息平台,完善了问题和故障的闭环控制并可为其他可靠性工作,如可靠性预计,可靠性评估,可靠性增长,故障模式(FMEA)分析,故障树(FTA)分析等的开展提供数据基础.

根据美国可靠性分析中心(RAC)1995 年发布的一份有关可靠性工作任务的报告,在众多的可靠性任务中,FRACAS 排分最高,其重要性已被国际公认.

在我国诸多行业和部门的可靠性实施大纲中,也明确提出了实施 3F(FMEA,FTA,FRA-CAS)的必要性和实施 FRACAS 的重要性^[1-3].

FRACAS 是一个工作系统,建立并有效运行 FRACAS 是实现产品可靠性增长、提高产品质量的重要手段.它既有纠正已有故障的现实意义,又能对未来新产品发生类似故障起到预防作用.另外,通过 FRACAS 的运行,还可以积累大量处理故障的实践经验,对类似产品的改进与设计(如 FMEA)提供可参考的信息,起到“举一反三”,防止其它产品出现类似问题的作用.

FRACAS 作为航空发动机的设计制造中重要组成部分,需要大量的协同工作才能顺利完成.利用现代计算机和网络技术建立一套现代化的发动机可靠性保障体系,对我国航空发动机的设计

水平提高和可靠性保障体系的完善很有帮助.

知识管理是构建航空发动机创新设计体系的基础,作为知识管理的一部分,FRACAS 模型管理也是航空发动机不断创新的一块基石.进行此项目的必要性在于提高企业的竞争力,业内人士认为关键在于创新能力,具体表现在产品的质量和可靠性两个方面,这早已成为共识. FRACAS 所可能产生的其它好处,如在降低费用的同时,提高企业的生产力和产品的质量.

1 难点和目的

建立和实施 FRACAS 的难点主要集中在三方面:各组织间复杂的相互关系、低效的数据追踪、未经划分优先次序的目标.要解决这三方面问题,实现一个公认和完整的 FRACAS 工作流程尤为重要,FRACAS 工作流程如图 1 所示.

运用 FRACAS 方法对设计部门需要的故障实施有计划、有组织、按程序地调查、证实、分析和纠正的组织工作,保证故障原因分析的准确性和纠正措施的有效性,对故障实行闭环控制,彻底消除故障产生的原因,真正实现问题“归零”.

目的二是对系统出现的故障认真分析、查明原因,采取更深入的分析手段而不是换失效部件的简单应急处理措施,防止造成故障重复发生.二是对故障信息进行归类,可根据故障的模式判断问题的根源进行整改.三是进行数据信息积累,方便查询.合理的信息统计和使用质量在系统安全和可靠性方面发挥了特别重要的作用^[4].尤其是

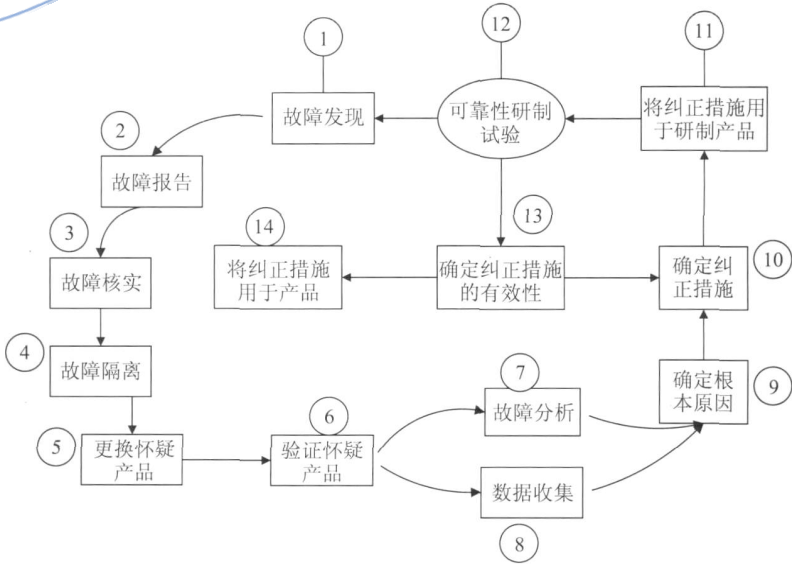


图 1 FRACAS 工作流程^[1]

Fig. 1 Whole work flow of FRACAS^[1]

让设计改进委员会 (CAB) 人员参加整个故障分析报告流程的质量控制,实现产品的故障信息积累与产品的改进同步.

2 FRACAS 软件的基本实现

2.1 规划模块和工作流程

根据功能需求分析发现各单位有不同功能要求来确定管理内容和管理模块. 基于程序的合理的逻辑性控制来确定软件的合理性和安全性设计和分析^[5].

基于计算机覆盖率高、网络硬件具备的特点,将工作平台设计成 B/S 形式,即一台服务器,多用户可同时用网页浏览器访问数据的形式.

通过有关标准文件的指导以及咨询一些部门来讨论每个部门可以接受的流程. 大多数工作组可能只关心其内部工作流程而不了解整体工作流程. 所以必须基于每个工作组的输入和额外的调查来开发一个巩固的过程图表,见图 2 和图 3. 通过这个流程图找到无效或低效率的步骤,并且提出相应的方法去简化它.

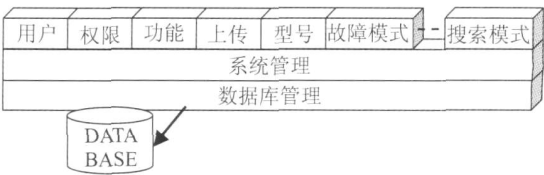


图 2 软件管理模块
Fig. 2 Structure of software

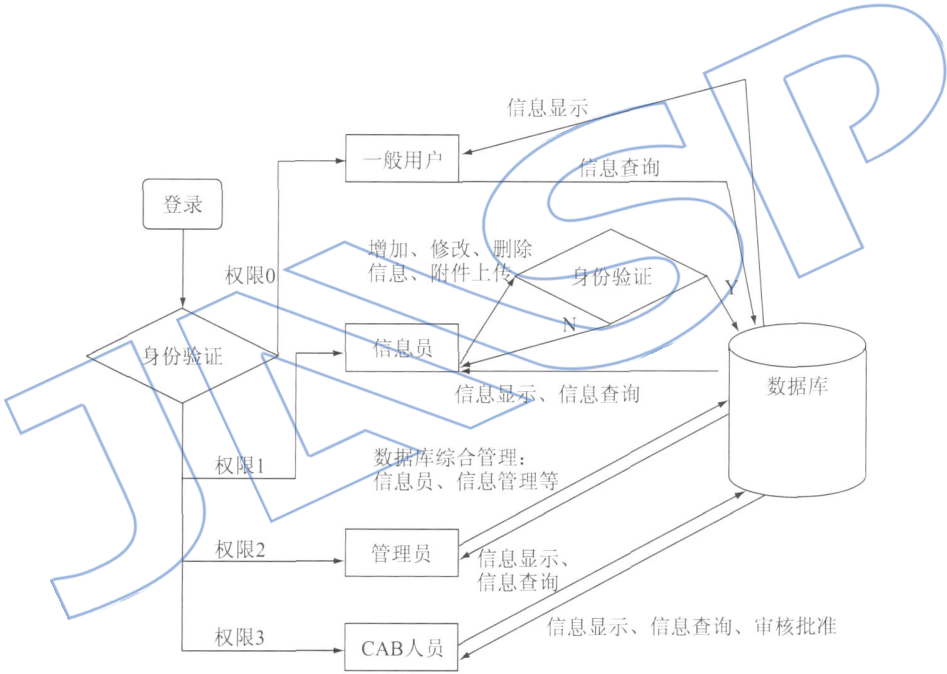


图 3 软件流程图
Fig. 3 Flow of software

2.2 数据需求和输入方式

利用前面的过程图表和输出需求,确定支持工作流的最小的数据字段. 建立数据流图,顶层数据流如图 4.

数据流确定之后,要决定使用者如何查看这些数据. 使得拥有所有数据字段的窗体变得有意义. 调研发现,不同的部门应该拥有不同的窗体,窗体包含不同的字段是一个良好的解决方法. 这可以使部门查看的数据最少而且最容易理解. 据此来编辑前台的管理、编辑和使用界面,使用户能够简单明了使用.

收集输入的数据. 进行数据库后台管理与前台界面的协调管理. 以高效的方式收集有用的、有意义的数据是很重要的. 如何进行数据管理、后台交互、前台信息显示是要解决的问题. 我们通过在服务器上建立数据库、数据库引擎来使用和存储管理后台数据库,我们通过建立信息管理平台来发布不限用户数量的前台信息,通过使用 ASP (Active server page) 语言编程来连接前台信息和后台数据管理平台. 这样,既解决了实时多用户使用的问题,又可节省大量的数据管理时间. 优点在于既可以支持多用户、工作流,并可以进行 FRA-

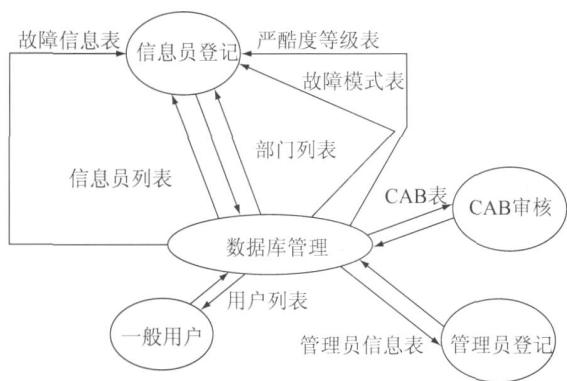


图 4 顶层数据流

Fig. 4 Top data flow

CAS 计算,还可以与其它的可可靠性和维修性软件相结合进行更加细节的分析.

2.3 实现 FRACAS 数据管理模型

在确定过程图表和过程流、采取的数据流之后,需要进行三步工作:

1) 数据库的建立. 根据数据需求分析和国军标的相关要求,可以将数据库建成如下列各表.

用户列表:用来记录用户基本信息和访问权限.

部门列表:用来记录人员所属部门信息.

型号列表:记录各个型号名称信息.

严酷度等级表:分 4 级: I 类(灾难性)、II 类(致命性)、III 类(临界性)、IV 类(轻度性)^[2].

故障模式列表:总结归纳了航空发动机漏滑油、振动大、叶片打伤、偏磨等 71 种典型的发动机故障模式,必要时还可填加.

故障信息数据表:是集中数据量最大的部分,是形成故障报告闭环系统重要组成,也是数据库中的核心. 故障信息数据表主要记录数据如图 6 所示.

此外,还为以往的旧外场信息临时准备了旧信息表,存储因为新旧格式转换造成的不兼容问题.

2) 信息管理发布平台的配置. 在 Windows Server 2003 系统兼容稳定的前提下,使用 IIS6. 0 (Information interrupt server) 信息发布系统,其优点是系统兼容性强,还能够进行 IP 地址访问的隔断功能,能够保证信息在一定范围保密. 另外,其支持一种开放式连接前台和后台管理的计算机语言 ASP.

3) 前台的信息发布和信息的获取. 通用的 HTML 语言, Javascript 脚本语言使拥有一些图

片和计算机网页特技和信息输入和显示及实现了附件上传、附件下载、分页显示、数据引擎、数据统计、下拉菜单等大量功能的前台界面容易实现. 界面如图 5.

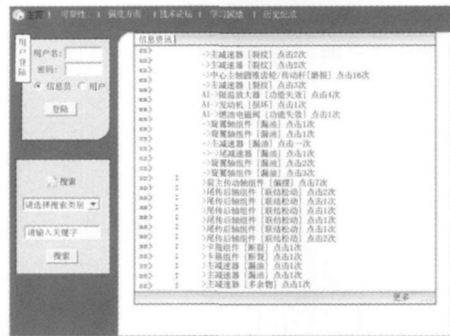


图 5 软件界面

Fig. 5 Software interface

2.4 实现故障报告闭环系统

故障报告闭环系统是确保合同规定产品层次都能得到报告、分析、采取有效的纠正措施,防止或减少同类故障再次发生的重要方式. 故障模式、影响及严酷度分析作为信息的重要来源为故障报告闭环系统评审实际发生的故障提供依据. 而故障报告闭环系统又为故障模式、影响及严酷度分析的完整性和准确性提供了资料支持.

故障原因弄清楚得越早,切实的纠正措施采取的越及时,承制方和使用方取得的收益就越大. 所以,故障报告闭环系统能够指导设计人员及时采取必要的分析手段和正确的纠正措施,避免问题积压所带来的损害.

故障报告闭环系统应具有收集、传递、反馈、分析、处理、归档的功能,以及以适当形式显示故障信息的功能. 实现的流程如图 6.

3 软件的调试和测试

软件的调试和测试是保证软件质量和可靠性的关键步骤,从中发现尚未暴露的错误和缺陷,建立了专门的测试事例进行了两种软件常用的动态测试方法:白盒测试和黑盒测试法.

3.1 白盒测试

即结构测试,根据程序的内部结构和逻辑来设计测试例子,对程序的路径和过程进行测试,检查是否满足需要. 主要采用逻辑覆盖和基本路径测试. 前者考察用测试数据运行被测程序时对程序逻辑的覆盖程度^[3].

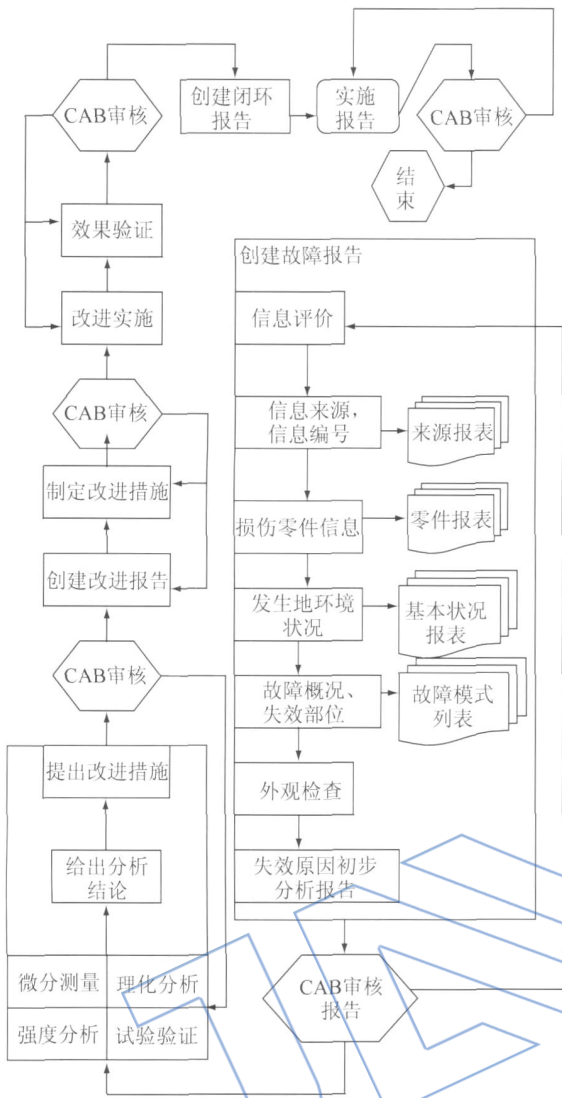


图 6 闭环系统流程
Fig. 6 Flow of closed loop

3.2 黑盒测试法

即功能测试法,在完全不考虑软件的内部结构和特性的情况下,测试软件的外部特性,来发现以下几类错误:发现是否有错误的功能和遗漏的功能;界面是否有错误,输入是否正确接收;输出是否正确,是否有数据结构或外部数据库访问的功能,性能能否接受;是否有初始化或终止性错误^[3]。

4 接受反馈并且更改 FRACAS

这一阶段主要是提出原型系统,以前定义的

workflow在这种环境下是否有效?数据是否能够高效的输入系统?期望的输出是否产生?系统是否容易被容易的使用和理解?都是要解决的问题。

最重要的是回顾目标和成功因子,系统是否满足了这些目标?成功因素是否达到?你很可能找到特殊的区域,需要额外的投入和重做。此时需要接受建设性的反馈并对软件系统做必要的修改。

5 结 论

通过实现故障闭环控制,积累了上千多条航空发动机故障以及归零处理的信息,实现了故障的有效闭环控制管理,提高了产品的可靠性和可维护性,产品的故障率下降,可靠性提高。

同时,FRACAS 又是一个质量追踪和管理系统,它是现代质量观念的一种延伸和实现途径,FRACAS 的实施和应用将能为企业成功实现 6 σ , ISO9000, AS9000, TS16949/ QS9000 和 TL9000 等质量目标提供保障。与此同时,FRACAS 系统也能帮助企业提升 ERP, PDM, SCM 和 CRM 等软件的投资价值。

本方法具有实用性和有效性,为其他类型的可靠性技术积累提供了必要的参考。

参考文献:

- [1] 国防科学技术工业委员会. GJB841—1992 故障报告、分析和纠正措施系统[S]. 北京:国防科学技术工业委员会,1992.
- [2] 国防科学技术工业委员会. GJB1391—1990 故障模式、影响及危害性分析程序[S]. 北京:国防科学技术工业委员会,1990.
- [3] 陈平,褚华. 软件设计师教程[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [4] Jung W, Yoon W C, Kim J W. Structured information analysis for human reliability analysis of emergency task in NPPS [J]. Reliab. Eng Syst Safety, 2001, 71(1): 21-32.
- [5] IEEE-SA Standards Board. IEEE Std 1012-1998 IEEE Standard for software verification and validation [S]. New York, USA: IEEE Inc. 1998.