

精细化质量管理在航空发动机故障处置中的应用

孟凡斌*

中航工业沈阳发动机设计研究所, 辽宁 沈阳, 110015

摘 要: 分析了航空发动机质量管理的特点和型号故障管理工作需求, 从事前预防、事中控制和事后处置三个方面制定了故障精细化管理的具体措施, 通过应用和实践不断提高型号研制质量。

关键词: 航空发动机; 精细化; 质量管理; 故障管理

中图分类号: VF426.5; F273.2; V263.6

文献标识码: A

文章编号: 1007-5453 (2014) 05-0114-05

精细化是从粗放式管理走向精细管理的一种管理理念和管理模式, 开展型号精细化质量管理就是要建立权责明确、关注细节、程序严谨、精益求精、准确到位的管理理念, 将业务工作流程化, 管理责任具体化。对于新研发的大推力涡轮风扇发动机, 采用了大量的新材料、新工艺和新技术, 同时受设计水平、试制加工能力和技术状态管理等因素限制, 在研制过程中暴露一些故障, 对正常开展试验和试飞等研制工作将会造成严重影响。

精细化质量管理是持续提升总体设计、整体优化、有效地识别与控制技术风险及快速聚焦、放大和量化控制关键细节的能力, 单位质量管理体系和项目产品保证体系的有机结合和有效运行, 实用管理工具的开发和应用, 技术、产品、队伍和管理成熟度的同步提升。故障管理作为型号质量管理的重点内容之一, 引入精细化思想和方法开展管控工作对于航空发动机型号研制十分重要。

1 研制质量管理特点

航空发动机作为主战飞机的配套动力, 具有重要的功能和特殊的使用条件, 广泛采用先进技术, 运用系统工程的组织管理, 研制质量管理具有以下特点:

(1) 型号技术指标要求高, 试验试飞风险大, 研制周期长;

(2) 航空发动机系统结构复杂, 部分零部件使用过程中要经过恶劣的高温 and 振动环境, 对质量和可靠性、维修性、安全性、保障性、测试性、环境适应性要求高;

(3) 研制单位多、地域跨度大、专业范围广, 配套和协作产品的质量差异大;

(4) 型号研制的探索性强, 设计、试制、试验和试飞各阶段和各环节高度交叉, 更改协调多, 技术状态复杂;

(5) 质量管理基础薄弱, 没有成功的质量管理经验可以借鉴, 对事前策划和预防等方面的质量管理要求逐步提高, 质量体系建设在研制过程中建立、摸索和不断完善。

航空发动机的特殊性和复杂性要求, 研制过程暴露的故障必须归零; 然而受到排故周期和研制任务节点的制约, 故障处理与研制工作并行开展、高度交叉, 这对故障管理工作提出了新的要求和挑战。

2 故障精细化管理

对于型号研制过程中暴露的故障, 通常有着严格的归零要求和期限, 但在排故攻关过程中受技术水平、认识局限和时间限制, 导致故障归零不彻底、举一反三措施不到位、重复发生的情况时有发生。航空发动机故障管理方面的现状和存在的主要问题包括以下几个方面:

收稿日期: 2014-02-22; 录用日期: 2014-03-25

*通讯作者. Tel.: 024-24283383 E-mail: forever---bin@163.com

引用格式: MENG Fanbin. Application of subtle quality control in dealing with aero-engine failure[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(05): 114-118. 孟凡斌. 精细化质量管理在航空发动机故障处置中的应用[J]. 航空科学技术, 2014, 25(05): 114-118.

(1) 结构件故障通常需要较长的排查和验证周期,试验、试飞等研制任务经常在仅有临时处置措施的情况下开展,尚未彻底解决、存在再次发生的风险。

(2) 有些问题机理分析或故障复现困难,如果要求必须按双五条标准完成归零后方可继续开展后续工作,将会影响后续的研制工作进度。

(3) 在实际工作中,确定故障责任单位和归零处理要求的随意性较大。

(4) 归零方式不好把握,故障处理表、故障分析报告和故障归零报告都可以完成故障归零。

(5) 随着验证考核试验和试飞工作开展,故障数量不断变化、内容不断更新,缺少专业组织机构开展故障统一管理、信息传递、督促进展等工作。

(6) 故障影响程度不好划分,轻重缓急一把抓。

(7) 质量奖惩对故障归零工作的激励作用不明显。

(8) 归零成果的固化(例如质量管理规章制度、质量体系文件、技术规范的修改和完善还没有落到实处。

有可能造成故障归零不彻底、举一反三措施不到位的情况。有些故障即使按照程序要求完成了归零评审等工作,还是存在重复发生的情况,例如,某调节器电磁阀漏油、隔热屏烧蚀、控制系统软件故障等都是曾经多次发生,而每次都按照要求开展归零工作并通过了评审。故障归零工作是一段时期专家和技术人员的认识,不能简单理解为完成归零评审就大功告成,还必须经过验证和实践的检验;同时,更要作为伴随着型号研制全寿命周期的持续改进内容,不断对以往故障归零结果重新进行梳理、重新审视认识已归零故障,重新采取措施,提高产品质量。

按照精细化质量管理的指导思想,考虑航空发动机故障处理特点,从事前预防、事中控制和事后处置等三个方面制定了14项具体的精细化管理措施,见图1。

2.1 事前预防

事前预防的措施有:

(1)完善体系和制度

强化质量管理体系建设,提高质量管理体系运行的有效性,通过体系和程序制度规范型号研制全过程中故障的处理、预防问题发生。例如,《某型发动机总质量师系统工作制度》规定总质量师系统办公室负责发动机故障和质量信息的传递、监控、归零管理和考核;《某发动机故障和质量信息管理制度》具体规定了故障报告程序、故障分析程序、故障纠正程序、故障件流程和信息流程等,确保研制过程中发生的故障信息及时准确传递、规范有效处理,按照“双五归零”实施

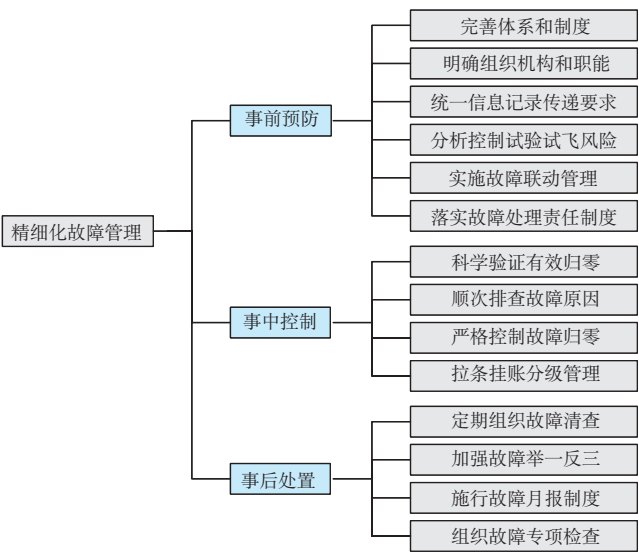


图1 精细化故障管理措施

Fig.1 Subtlety fault management measures

闭环控制,针对发生重大、严重故障和数量较多的参研单位,联合军代表系统开展制造符合性专项检查,督促故障处理,提高产品质量。

(2) 明确组织机构和职能

明确规定故障报告确认、分析纠正和闭环归零过程中,发现单位、处理单位和审核确认人员的职责,并依托质量师系统开展信息的反馈和跟踪。故障发现单位负责报告故障信息,并对信息的及时性和准确性负责;总质量师系统办公室负责建立故障账目,传递和跟踪故障信息,开展归零管理;责任部门负责故障的分析和处理,编制技术归零报告并提交总设计师和顾客代表签署。故障技术归零和管理归零工作程序见图2所示。

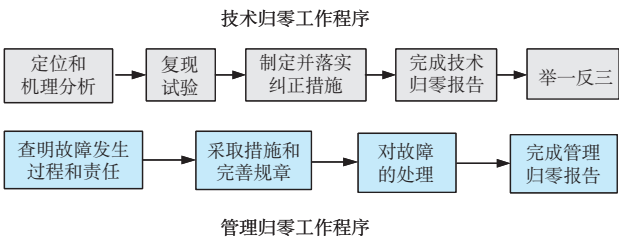


图2 故障技术归零和管理归零工作流程

Fig.2 Double five to zero fault management

(3) 统一信息记录传递要求

故障信息管理坚持逐级上报、分级审查的原则,传递的故障信息应准确、完整、及时、可靠,并形成统一的记录格式和填写要求。完整的归零故障信息记录格式要求包括发动机故障报告表、发动机故障处理表和故障信息处理承办审批

单,为方便检索和汇总上报还对故障信息汇总表等记录格式进行统一要求,见表1。

表1 故障信息汇总表

Table 1 Fault information summary

所属型号: 填报单位:

填报日期: 年 月 日

序号	故障名称	所属部件	故障件/图号/件号	故障描述	原因分析	解决措施	验证和措施落实情况	分析单位	主管单位	现状	备注

填报人: 审核:

(4) 分析控制试验试飞风险

试验试飞工作开始前需要对研制任务中存在的风险进行识别、评估和管理,特别是尚未彻底解决的故障存在复发的风险需要给与特别关注。在试验、试飞任务确定后,按照故障账目清单逐项复查试验试飞过程中是否存在再次发生该故障的条件,如不存在则编制影响分析报告经过技术主管领导确认,如满足再次发生的条件,则需要分析发生的概率并提出临时处置或规避措施,对试验试飞实施前馈控制,预防未归零故障的再次发生。

(5) 实施故障联动管理

对于其他型号发动机出现的故障,由质量师系统办公室通过质量信息管理系统向所有主管副总设计师发出联动信息,主管副总设计师根据故障信息内容决策是否需要发起联动。若根据现有的故障信息还不够明确判定是否需要联动分析,可以根据故障处理的进展再决定是否联动。在发动机系列化发展研制过程中实施故障联动,能够针对发动机暴露的某一故障从技术和管理上对与其相关联的发动机开展分析与改进工作,使已暴露故障的解决措施在所有相关状态的发动机上得到贯彻落实,预防类似故障发生。

(6) 落实故障处理责任制度

从总设计师系统、专业部门、主管设计和承制单位等多维度确定故障处理的责任部门和责任人,确保覆盖全部排故过程。在型号项目管理团队中落实专业副总师作为第一负责人,确定专业部门领导为直接负责人,同时制定专业处理跟踪故障;对于确认为制造原因的故障,在确认设计负责人的

同时,确定承制单位排故负责人,并联合成立制造和设计联合团队推进排故公关工作。

2.2事中控制

事中控制措施有:

(1) 科学验证有效归零

为进一步提高发动机研制中故障处理效率和质量,对于短期内难以完成的故障都需要制定排故计划,事先判断故障的归零条件、科学的制订验证方案和计划,以便于并行开展研制工作。例如,某次发动机试车过程中出现了机匣裂纹故障,经过分析确认为设计问题,需要重新开展设计并进行验证,该故障的归零条件为通过地面300h长期考核试车,经过确认类似结构的机匣工作过程中都会出现该故障,通过调整验证计划减小了对研制工作的影响。

(2) 顺次排查故障原因

发动机故障处理过程中,按照生产环节、更改环节、设计环节的顺序依次进行故障原因的顺次排查。首先,确认出现故障件是否存在技术状态变化,若存在设计状态更改或工艺状态更改,则应在状态控制的有效性、制造工艺不适应等方面进行排查和归零;若在状态变化层次未排查到问题原因,则应进入设计环节进行排查,针对故障件和系统本身隐藏的设计问题或设计缺陷等因素,进行充分的分析、验证和归零工作;若出现故障件没有进行过技术状态更改,研制工艺也没有改变过,则应直接进入设计环节的排查故障原因并开展归零工作。

(3) 严格控制故障归零

发动机故障处理中应符合以下要求:原则上全部故障都应进行归零,对于既有技术方面的原因,又有管理方面的原因造成的质量问题,既要进行技术归零,又要进行管理归零;对于难以确定责任单位的故障,设计和生产责任不清时由设计单位负责组织开展归零工作,系统和部件责任不清时由系统单位负责组织开展归零工作,管理归零责任难以区分时由单位行政正职确定归零部门,技术归零责任难以区分时由总设计师确定;质量部门应组织责任部门制定具体的归零实施方案,并由计划部门将其纳入型号研制计划;质量部门应跟踪监督、检查归零工作进展和措施落实情况,对归零报告格式和内容的符合性进行检查,组织归零报告的审查或评审。

(4) 拉条挂账分级管理

故障归零工作按照严重程度和后果、产品层次、管理层次进行拉条挂账、分级管理,具体项目包括:集团公司督办的质量问题、顾客代表要求解决的故障、厂际配套单位间反应的需要限时解决的故障和制约科研生产任务完成需组织技

术攻关的故障。对于拉条挂账项目实施建账跟踪、销号管理，公司级拉条挂账项目由集团公司决定是否销号，顾客代表提出的项目由其主管部门确认后进行销号，未能按时限要求完成的项目应编写书面报告上报情况。

2.3 事后处置

事后处置的措施有：

(1) 定期组织故障清查

在首飞和定型试飞发动机交付等关键节点，对研制以来发生的全部故障、特别是归零故障进行系统梳理，重新分析故障原因、确认措施的有效性、检查措施落实情况，对“回头看”复查和清查发现的问题进行了通报和整改，重新组织归零，保证设计定型试验和试飞的顺利开展。

(2) 加强故障举一反三

为杜绝质量问题的重复发生，对于型号重大、严重故障和典型、重复性、批次性质量问题开展举一反三工作，具体工作包括举一反三问题确定、实施和验证。

(3) 施行故障月报制度

将故障提升为研制质量工作的专项和重点工作，通过故障月报加强“两总”系统的沟通，形成故障月报和通报制度，故障月报内容包括故障汇总分析、排故进展和新增故障情况、后续工作计划等，故障汇总分析中的暴露故障趋势分析情况见图3。

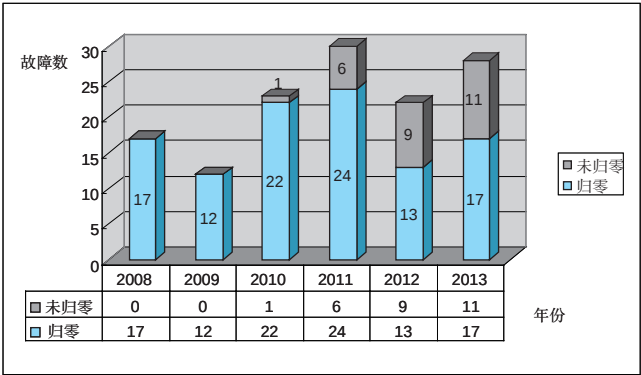


图3 某发动机故障情况
Fig.3 aero-engine fault

(4) 组织故障专项检查

对于跨单位、跨系统的故障，围绕暴露故障组织开展专项质量检查，督促排故工作取得进展，同时，按照双五归零要求提出排故工作的具体要求，避免排故工作反复。通过强化质量监督，提高研制生产试验全过程的质量控制能力。

4 实施效果

在“两总”系统特别是总设计师等相关领导的高度重视和大力支持，通过狠抓落实航空发动机的故障精细化管理措施，发动机研制不断取得突破和进展。

(1) 结合型号研制特点，摸索完善了故障管理模式，规范了排故的各项工作内容。

(2) 通过近十余台次交付考核试验和试飞发动机的实物复查、装机不合格品确认和试验试飞风险分析工作，累积排查处理故障隐患30余项，有效保证了试验试飞安全。

(3) 通过组织归零故障专项审查，定期回顾、系统梳理归零故障上百项次，重新确认故障原因、更新处理措施，有效控制了归零故障复发。

(4) 故障数量稳定，平均故障间隔时间稳中有升，型号研制质量不断提高。

5 结束语

型号及产品精细化质量管理研究与实践是航空事业发展的需要，航空发动机因其结构复杂、考核条件苛刻，在故障处理过程中应用精细化的质量管理方法是提高装备核心竞争力、打造精品的必然选择。研制任务依然繁重，型号质量管理工作也必须继续秉承精细化的理念，结合具体产品和型号分解、细化精细化管理要求，系统总结、归纳质量规章制度，关注细节，制定可量化、可检查的措施，保证型号研制工作取得成功。

AST

参考文献

[1] 武林平, 罗红兵, 艾志玮, 等. 大规模计算系统的主动故障管理方法[J]. 华中科技大学学报, 2010, 38(6): 20-24.
WU Linping, LUO Hongbing, AI Zhiwei, et al. Proactive fault management of large-scale computing systems approach[J]. Huazhong University of Science and Technology, 2010, 38(6): 20-24. (in Chinese)

[2] 王巧云. GJB 9001B-2009武器装备质量管理体系国家军用标准解读[M]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 7-12.
WANG Qiaoyun. GJB 9001B-2009 quality management system standard interpretation of national military[M] Beijing: China Standard Press, 2010: 7-12. (in Chinese)

[3] 张晓丽. 型号产品精细化质量管理的研究与实践[J]. 航天科技集团科研生产管理最佳实践专辑, 2011(06): 65-72.
ZHANG Xiaoli. Research and Practice Model meticulous

- quality management [J]. Aerospace Science and Technology Research and Production Management Best Practices album, 2011(06):65-72. (in Chinese)
- [4] 曾杰文. 建立预防型的型号研制质量管理机制[J]. 船舶标准化工程师, 2010(2):28-29.
- ZENG Jiewen. Establishment of prevention developed quality control mechanisms [J]. Ship standardization engineer, 2010(2):28-29. (in Chinese)
- [5] 李建军. 坚持过程控制 推进产品保障 开创型号质量管理新局面[J]. 质量与可靠性, 2005, 4(118):34-36.
- LI Jianjun. Insist advance process control products to protect and create a new situation in the quality management model [J]. Quality and reliability, 2005, 4 (118) :34-36. (in Chinese)
- 作者简介**
孟凡斌(1982—) 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 发动机型号管理。
Tel: 024-24283383
E-mail: forever---bin@163.com

Application of Subtle Quality Control in Dealing with Aero-engine Failure

MENG Fanbin*

AVIC Shenyang Engine Design and Research Institute, Shengyang 110015, China

Abstract: This essay explained the specialty of aero-engine quality control, and analyzed the demand of aero-engine Failure management. Then enacted measures of beforehand, underway and afterwards were applied in practice and optimized aero-engine quality control.

Key Words: subtlety; quality control; aero-engine; failure management

Received: 2014-02-22; Accepted: 2014-03-25

*Corresponding author. Tel.: 024-24283383 E-mail: forever---bin@163.com