

航空发动机交付过程质量控制

孟凡斌*

中航工业沈阳发动机设计研究所, 辽宁 沈阳, 110015

摘要: 本文在分析了某型发动机交付质量控制的特点, 并使用过程方法将其交付过程分为集件装配、验收试车、质量复查和交付评审等四个关键步骤, 实施质量管理和控制, 取得了一定的应用效果。

关键词: 航空发动机; 交付; 质量控制; 过程方法; 质量管理

中图分类号: V268.7/F273.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2014) 05-0080-04

将活动和相关资源作为过程进行管理, 可以更高效地得到期望的结果。对某型发动机研制全过程实施有效的质量管理, 特别是在交付质量控制中应用过程方法, 做到过程网络输入要求清晰、过程记录完整、各输出满足产品的质量要求, 能够有效保证交付发动机的产品质量。

1 过程方法

过程方法是系统地识别组织内使用的过程及过程之间相互作用, 并对过程网络进行管理的一种方法, 是GJB 9001B-2009《质量管理体系要求》中要求的八项质量管理原则之一^[1]。使用过程方法能够对系统中单个过程之间的联系以及过程的组合互相作用进行优化, 从而更高效地得到期望的结果。图1所示是过程方法在一个简单过程链中的应用。

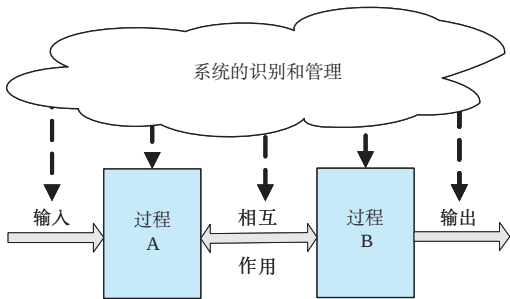


图1 过程方法示意图

Fig.1 Process method diagram

2 发动机交付质量控制特点

对于大推力涡轮风扇发动机, 在处于试验验证的研制阶段时, 其交付过程的质量控制具有以下特点:

- (1) 试制加工过程受工艺水平和设备能力等因素限制, 不合格品数量仍较多, 控制难度较大;
- (2) 装配、试车中串换件频繁, 不可预知的技术质量问题时有发生;
- (3) 型号研制采用较多新技术、新材料和新工艺, 技术风险较高;
- (4) 研制过程中发生的故障解决的周期长, 从设计到验证, 需要试制、试验等过程, 会对交付试验、试飞发动机带来一定风险;
- (5) 图样、文件更改较多, 发动机实物技术状态控制难度大;
- (6) 过程质量控制标准很难定量, 许多控制只能靠经验、定性的评价等进行。单件、小批量的研制模式使其质量控制规律难以摸索。

发动机的交付涉及设计、试制、装配、调试准备和检验等诸多分过程, 各过程间通过相互作用形成了一个复杂的过程网络。识别和管理该过程网络, 特别是交付过程的方法按照各过程时间先后和逻辑关系其控制方式可以分为: 实时控制、反馈控制和前馈控制, 见图2。控制要求可以分别对应GJB 9001B-2009《质量管理体系要求》中的按条款7.3.3、

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 process method on quality control for aero-engine delivery process[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(05):80-83. 孟凡斌. 航空发动机交付过程质量控制[J]. 航空科学技术, 2014, 25(05):80-83.

7.3.9和7.7等设计输出要求或准则,运用条款8.2.3过程的监视和测量、条款8.5.2纠正措施和条款8.5.3预防措施等要素进行监控。

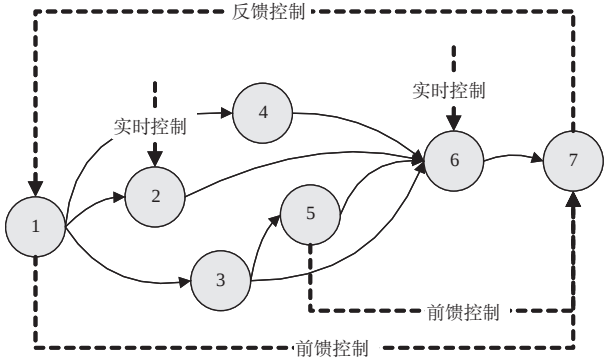


图2 过程网络的识别和控制方式

Fig.2 Identification and control of process network

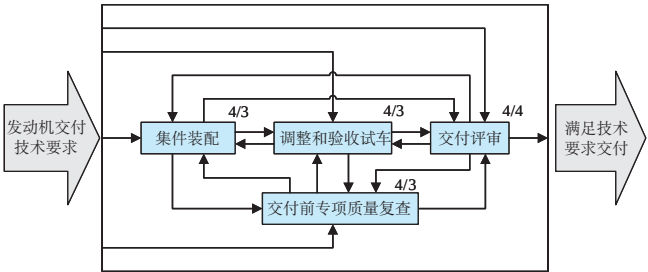
随着发动机型号科研工作的发展和不断深入,对质量管理也提出了新的、更高的要求,质量管控工作也正顺势从传统的过程实时跟踪、问题发现和事后纠正向事前策划、采取有效预防措施不断发展完善。

3 过程方法在交付质量控制中的应用

确定关键过程和使用已建立的方法是使用过程方法对某型发动机交付质量控制的两项主要内容^[2]。

3.1 交付关键过程的识别

在发动机交付这个复杂的过程网络中,并非所有过程的重要程度都是相同的,根据已有的工程和管理经验,结合发动机研制的具体情况,按流程顺序和重要作用,将发动机交付过程中各分过程进行分析和排序,对关键过程进行识别和重点控制。按各过程的重要程度,分析该型发动机研制和交付过程的特点,最终将集件装配、调整和验收试车、专项质



注：各个过程右上数字表示输入和输出关系数量，输入/输出

图3 交付质量控制关键过程网络

Fig.3 Critical process network of deliver quality control

量复查和交付评审等四个分过程识别为关键过程。

3.2 关键过程质量控制

3.2.1 集件装配过程

发动机由几十个单元体、零部件和多型成附件组成,其集件装配过程是确定发动机实物技术状态,形成整个产品性能、功能特性的关键过程,也是开展质量控制工作的重要过程。

在集件装配过程中重点开展以下质量控制工作,需要确认:(1)输入。本次装配工作严格按照出厂发动机设计要求执行,发动机装配过程中所依据的技术文件均履行了审签手续、征得用户同意,并严格执行。(2)过程活动。发动机装配过程记录齐全、完整;分解检查时发现的各项问题均经过认真分析并得到了有效的处理。(3)最终输出。发动机完成总装后,经军检验收合格;过程严格按照具体的装配工艺要求执行,过程受控,各装配技术参数均满足设计图纸要求。

其中,装配过程中发现的问题需要跟踪并及时分析处置,属于实时质量控制;其他控制工作均为对前期试制生产过程的再次确认,属于反馈质量控制。此外,结合该型号发动机已经转入S阶段开展定型试飞等工作特点,在集件装配过程开展了装机件超差二次审查和装配后交付验收等前馈质量控制工作;装机件超差二次审查是指在集件后由设计人员(必要时可以提交总设计师处理)对不合格品及其审理情况再次进行审查和确认,从而杜绝影响发动机性能和装机试飞的超差件装机使用,确保后续工作的顺利开展;装配后交付验收是集件装配工作完成后,由接受单位的设计、试验人员对发动机实物质量和相关软件进行确认的过程,开展装配后交付验收质量控制能够及时发现并处理装配问题,确保装配问题不遗留到试验、试飞等后续过程中。

3.2.2 调整和验收试车

调整和验收试车是指在试验设备上调试发动机,并提交订货部门进行检验试车、以确认接收或拒收的活动,是确定发动机能否放行进行的检验性试验或交付试飞的关键过程,也是开展质量控制活动的重要环节。

发动机的验收试车应严格执行型号规范和质量保证大纲的相关要求,在交付发动机调整和验收试车过程中应开展以下质量控制工作,并确认:(1)输入。试车过程中,所依据的技术文件均履行了审签和批准手续,发动机台架安装及试车前准备状态检查等工作均应满足试车要求。(2)过程活动。试车过程严格按照试车工艺文件执行,试验数据齐全、完整;对试车中发现的各项问题,经认真细致分析,采取相应措施,均得到解决和有效处理。(3)输出。发动机按军检程序完成并通过验收试车,具备交付外场进行试飞的条件。

其中,试车技术文件和规程的审签确认和批准、试验前准备状态检查和评审等都是为确保检验试车顺利、有效开展并完成,属于调整和验收试车过程的实时控制工作,而对检验试车却形成前馈控制;试车过程中发现问题的分析处理、纠正和纠正措施的运用则是一种反馈质量控制,问题的解决后方可使得检验试车得以继续,但是对试车中发现如特定情况振动超限等问题的临时监控处置措施、风险分析和注意事项,对调整和验收试车过程又属于前馈质量控制,能够有效地确保交付发动机的质量和安全、避免类似问题重复发生。

3.2.3 交付前专项质量复查

发动机质量保证大纲中要求,根据研制形势适时组织质量复查,特别是在转批次、首飞前或重大事故发生后要组织质量复查,消除质量隐患。交付前在型号质量师系统内全体参研单位中开展的专项质量复查具有跨专业、跨单位、跨地域等特点。

交付前开展专项质量复查,确认:(1)输入。专项复查文件要求设计单位要检查设计输出内容及其与设计输入的符合性、设计更改的审批控制和各级评审提出建议和措施的贯彻落实情况等。(2)过程活动。承制单位要从原材料采购、产品生产过程及监测方法、各级工艺评审、首件鉴定和产品质量评审等方面对装机部件及成品进行全面质量复查。(3)输出。各复查责任单位,明确给出可以试验或者装机试飞的结论。交付前专项质量复查不仅是对试制生产过程的再次检查确认和填补缺漏,更重要目的在于通过加严标准得到全体参研单位的承诺和质量保证,是对发动机交付和后续试验、试飞开展的前馈质量控制工作,能够有效减少交付后问题的发生数量,能够有效减少交付后问题的发生数量,为后续工作提供质量保证。

3.2.4 交付评审

按照GJB 907A-2006《产品质量评审》的定义:产品质量评审(即航空发动机交付评审)是在产品检验合格之后、交付之前,对研制产品的质量及其质量保证工作所做的全面与系统的审查,审查通常采用现场验收和交付评审会的形式开展。交付发动机最终质量由试制、装配、试验等多个环节共同决定,涉及单位和影响因素均较多,交付评审需要体现全面和系统的特点。

交付评审过程需要重点确认:(1)输入。产品质量评审要求检查产品的性能、可靠性、维修性、保障性、测试性、安全性、环境适应性等与产品研制任务书、技术协议、质量保证文件 and 设计图样、标准、规范等的符合性。(2)过程活动。交付和使用单位现场验收中,按照相关技术文件检查验收试车、称

重和质心确定及流道件情况等,发动机按技术状态文件进行检查,按配套清单逐项检查随机工具、随机备件情况并登记交接;交付评审会需要确认产品技术条件规定的性能指标已达到,设计评审提出的问题已落实解决,新技术、新材料、新工艺的应用已经鉴定/评审,“六性”指标已落实,重大超差处理、代料和设计更改能够保证研制质量和主机要求;鉴于交付评审要求全面性的特点,审查需要重点确认但不仅限于上述内容。(3)输出。发动机通过现场验收和交付评审会,总结前期全部工作,评价是否具备交付条件,给出能否交付用于试验或试飞的结论。交付评审是对航空发动机的质量及其设计、试制、装配和检验试车全过程质量保证工作的全面回顾和系统审查,是决定产品能否交付使用最综合最重要的环节,是对发动机研制过程的反馈质量控制工作。

3.3 发动机交付质量控制过程情况和结果

在发动机交付质量控制中运用过程方法,不仅体现了质量管理体系追求持续改进的永恒目标,而且通过过程方法和PDCA过程循环,可实现及时发现问题和解决问题、不断地总结改进提高,直至有效预防问题发生的良性循环^[3]。过程控制的基本要求和目标始终是某一过程中发现问题不能带到下一个过程。特别对交付外场进行试验或试飞的发动机,满足要求的装配和严格试车是基础,严格细致的复查和确认以及认真的评审都是确保发动机整机实物质量的关键,也是确保发动机的交付质量关键。

近两年来,在某型发动机交付质量控制中应用过程方法,发现、分析、处理技术质量问题40余项,防止了隐患和问题的遗留,有效降低了交付后发动机的试飞风险,下面举例说明振动超限等典型问题的处理情况。

(1) 2011年,准备交付试验的某台发动机在调整和检验试车过程中,发现风扇部件振动在临界转速有超限的情况。由于整机振动问题当时尚无彻底有效地解决措施^[4],而且该发动机已经装配、调整完毕,分解调整工作都将造成本次试验和研制任务的拖延。

按照过程质量控制方法,针对该问题进行了认真细致的分析,制定了专项预防措施,以降低振动问题对试验的影响。试验结果表明,该预防措施有效,该振动超限问题没有影响发动机安全及试验过程。

(2) 2012年,交付试飞的某台发动机在复查时发现,其上安装的传感器在其他型号发动机上曾发生过螺杆断裂导致发动机空中停车的事故征候,而目前使用的传感器并未落实有关排故措施。

单发飞机发生空中停车将可能导致机毁人亡的严重后

果,属于不可以接受的风险,过程质量控制要求必须进行处理,最终通过采取纠正措施,对问题传感器进行更换、落实最新技术状态,消除了事故隐患,确保了飞行安全。

4 结束语

根据发动机的研制特点,在型号质量管理过程中,使用过程方法将其交付质量控制分为集件装配、验收试车、质量复查和交付评审等四个关键过程进行管理,较好地解决了交付质量控制中发现的一些实际问题,取得了一定的应用效果。随着科学技术的发展,航空发动机装备研制要求不断提高,这也对型号质量管理提出了更高和更严格的要求,今后还将继续不断地总结经验,更深入和科学地运用过程方法的质量管理原则,持续改进发动机交付质量控制,在进一步细化质量管理实践工作,为航空发动机提供可靠的质量保证。

AST

参考文献

- [1] 王黎明. GJB 9001B-2009《质量管理体系 要求》[S]. 北京:中国人民解放军总装备部,2009.
WANG Liming. GJB 9001B-2009 Quality Management System Requirements[S]. Beijing: People's Liberation Army General Armament Department, 2009. (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 Qiaoyunl. GJB 9001B-2009 quality management system standard interpretation of national military[M] Beijing: China Standard Press,2010:7-12. (in Chinese)
- [3] 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)
- [4] 可成河,巩孟祥,宋文兴. 某型发动机整机振动故障诊断分析[J].航空发动机,2007,33(1):24-26.
KE Chenghe,GONG Mengxiang, SONG Wenxing. A certain type of engine vibration fault diagnosis machine[J]. Aviation engines, 2007,33 (1) :24-26. (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-mal:forever----bin@163.com

Application of Process Method on Quality Control for Aero-engine Delivery Process

MENG Fanbin*

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

Abstract: After explaining the signification of process method, this essay analyzed characteristic of quality management and control to an aero-engine delivery process. Then four critical processes including assembly, acceptance test, revalidation and product quality review were distinguished from the delivery process by process method. This method were applied to practice and made good effect to deal with problem in quality management.

Key Words: aero-engine; delivery process; process method; quality management and control

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

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