航空科学技术
Aeronautical Science & Technology
Mar. 15 2018 Vol. 29 No.03 30-34

航空发动机成附件供应商技术审查体系建设方法研究

刘海年*，栾旭，李昌红，王艳丽，隋岩峰

中国航空发动机集团有限公司 沈阳发动机研究所，辽宁 沈阳 110015

摘　要：航空发动机成附件供应商的技术审查是针对航空发动机成附件研发过程实施监督的一种重要活动，其目的是控制产品全寿命周期的研制进展，加速技术成熟，降低决策风险。本文首先介绍了国内外供应商技术审查体系的建设情况，针对国内发动机成附件技术审查体系建设存在的问题，从成附件研制程序研究、技术审查点和决策点设置、技术审查要素等方面提出了发动机成附件技术审查体系建设的重点和工作内容，为加强成附件研制过程中的技术审查提供指导。

关键词：航空发动机成附件；研制程序；技术审查；体系建设

中图分类号：V268　　**文献标识码**：A　　DOI：10.19452/j.issn1007-5453.2018.03.030

审查是指对产品的符合性进行检查，参照相关依据检查工作是否正确、妥当，尽可能给出比较客观的结论；评审是指评议审查，需要对被评对象的优缺点给出客观公正的评价意见[1]，两者不能等同。航空发动机成附件供应商技术审查是为确定发动机配套产品达到协议规定要求的符合性进行的系统、全面的审查活动。其目的是控制配套产品全寿命周期的研制进展，加速技术成熟，降低决策风险。供应商技术审查安排在产品研发过程的重要转换节点上，其审查结论对产品转阶段和发动机技术审查提供支撑。

本文首先介绍了国内外供应商技术审查体系建设情况，针对国内发动机成附件技术审查体系建设存在的问题，从成附件研制程序研究、技术审查点、决策点设置和技术审查要素等方面阐述了成附件技术审查体系建设的重点和工作内容，为加强成附件研制过程技术审查提供了指导。

1 国内外现状分析

1.1 国外现状分析

随着武器装备技术的日益复杂，为了指导和规范武器系统的采办和研制工作，美国国防采办程序明确规定了武器系统研制阶段划分为 5 个阶段，并设置 13 个技术审查点[2]，实现产品研制全寿命周期风险管控。美国海军航空系统的系统工程技术审查过程手册[3] 详细规定了产品全寿命周期内技术审查点设置、审查目的、开展时机、准入准则和准出准则；在操作层面给出了审查的文件矩阵、综合评估方法等，形成了系统、完整、规范的技术审查体系。

欧美供应商在产品开发程序中也明确了技术审查要求，实行风险管控。美国霍尼韦尔（Honeywell）公司的新产品导入流程（NPI）[4] 明确产品开发分为 7 个阶段，在 NPI 流程关键节点设置多个技术审查点；法国空客公司对系统和设备供应商明确提出了产品研制分为概念设计、初步设计、详细设计、产品试制和试验取证 5 个阶段，并设置计划审查（PR）、初步设计审查（PDR）、关键设计审查（CDR）、首次交付审查（FDR）、飞行准备审查（FRR）、认证审查（CR）等技术审查点；英国美捷特公司按照 DO-254《机载电子硬件设计保证指南》[5] 将产品开发分为联合定义、初步设计、详细设计、生产交付和集成验证 5 个阶段，并设置了系统需求审查（SRR）、初步设计审查、关键设计审查、试验准备审查（TRR）、生产准备审查（PRR）、验收（鉴定）审查（QR）等审查点。虽然各公司在产品开发程序和技术审查点设置上有差别，但体系架构基本趋同，即覆盖产品全寿命周期，设置不

收稿日期：2018-01-18；　退修日期：2018-02-18；　录用日期：2018-03-05

* 通信作者 .Tel.：024-24283008　E-mail：283506493@qq.com

引用格式：Liu Hainian, Luan Xu, Li Changhong, et al. Research on the methods for aero-engine accessories supplier's technical review system[J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29 (03)：30-34. 刘海年，栾旭，李昌红，等．航空发动机成附件供应商技术审查体系建设方法研究 [J]. 航空科学技术，2018, 29 (03)：30-34.

同的技术审查点，制定检查单、文件体系和技术审查评估方法等审查要素，组建了跨专业、跨部门的技术审查专家团队，形成一套科学、规范、可操作的技术审查体系，加强产品研发过程中的风险控制，有效保证提供满足客户需求的产品。

1.2 国内现状分析

从国内标准上来看，GJB 8113《武器装备研制系统工程通用要求》[6]、GJB 3273《研制阶段技术审查》[7] 等标准和相关条例，要求在产品研制过程中开展技术审查，但在发动机型号研制过程中实施得并不理想。从航空企业来看，国内飞机研究所按照《常规武器装备研制程序》和 GJB 1405A《装备质量管理术语》[8] 的要求，规定机载设备的研制按照方案阶段（F）、工程研制阶段（初样阶段（C）和正样阶段（S））、设计定型（或鉴定）（D）和生产定型阶段（或鉴定）（P）的阶段进行划分；参照 GJB 3273《研制阶段技术审查》，在产品研制阶段设置了系统需求审查、初步设计审查、关键设计审查、飞行准备审查、功能技术状态审核（FCA）、物理技术状态审核（PCA）等技术审查点和 F 转 C、C 转 S、S 转 D 等 5 个转阶段审查点（如图 1 所示），并形成相应的检查单等审查工具，通过制定完整的审查工作流程保证审查工作的完整性和可操作性。

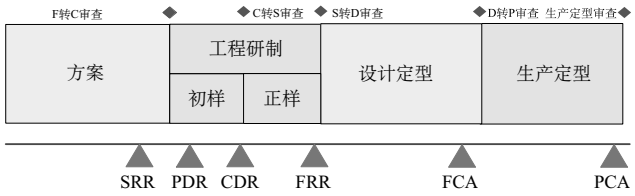

图 1 机载设备技术审查体系示意图

Fig.1 Equipments technical review systems diagram

国内发动机成附件研制尚未建立技术审查体系，同国外先进企业成熟、完善、可操作的技术审查体系相比存在较大差距。同时，与飞机机载设备的技术审查体系相比，存在缺少技术审查点设置和技术审查要素等问题。为加速产品技术成熟，降低决策风险，急需建立航空发动机成附件技术审查体系。

2 国内发动机成附件技术审查体系建设

建立全寿命周期、全领域、操作性强的航空发动机成附件供应商技术审查体系主要包括成附件全寿命周期研制程序研究、全寿命周期技术审查点和转阶段审查点设置，以及技术审查要素建设（审查人员、审查方法、审查工具和审查制度）等，成附件供应商技术审查体系如图 2 所示。

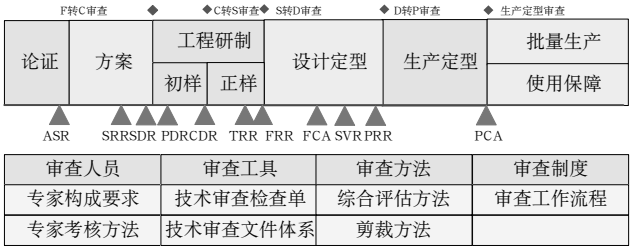

图 2 成附件供应商技术审查体系示意图

Fig.2 Accessories technical review systems diagram

2.1 发动机成附件产品研制程序研究

依据 GJB 8113《武器装备研制系统工程通用要求》和《常规武器装备研制程序》等相关标准，确定发动机成附件研制全寿命周期阶段划分为论证阶段、方案阶段、工程研制阶段（初样阶段和正样阶段）、设计定型阶段、生产定型阶段、批量生产阶段和使用保障阶段 7 个阶段。

基于成附件研制的经验和相关资料[9]，明确成附件全寿命周期研制阶段主要工作内容如下：

（1）论证阶段（K）：成附件研制单位根据用户的需求，配合用户完成技术指标论证，组织进行技术、经济可行性研究及必要的验证试验，提出初步总体技术方案，并做好产品的投标和竞标工作。

（2）方案阶段（F）：与用户签订技术协议书，编制产品技术方案，开展原理样机、模型样机的设计与验证工作，编制研制规范，草拟工艺总方案，编制各类大纲并进行评审。

（3）工程研制阶段：细分为初样机阶段（C）和正样机阶段（S）。初样机阶段工作完成初样机的设计、试制和试验工作，编制初步的产品规范、工艺规范、材料规范和软件规范。正样机阶段完成正样机的设计、试制和试验工作，完成环境试验、电磁环境效应试验、可靠性试验、寿命试验等，满足设计鉴定条件后提交用户参与科研试飞。

（4）设计定型阶段（D）：随发动机科研试飞后进行定型或鉴定试验，完成全部试飞科目并通过评审，进行设计定型或鉴定审查，批复后设计定型工作结束。

（5）生产定型阶段（P）：通过小批生产和部队试用，解决设计定型过程中的遗留问题，完善制造工艺，稳定产品质量，对产品批量生产条件进行考核。

（6）批量生产和使用保障阶段：完成装备批量生产和交付，根据用户的使用意见或出现的问题，产品进行加速成熟或改进升级。

2.2 全寿命周期技术审查点和转阶段审查点设置

根据成附件研制程序工作内容要求，参考 GJB 3273

《研制阶段技术审查》，在成附件全寿命周期研制阶段内设置了11个技术审查点：论证阶段设置备选系统审查（ASR）；方案阶段设置系统需求审查（SSR）和系统设计审查（SDR）；工程研制阶段设置初步设计审查（PDR）、关键技术审查（CDR）、试验准备审查（TRR）、飞行准备审查（FRR）；设计定型阶段设置系统验证审查（SVR）、生产准备审查（PRR）、功能技术状态审核（FCA）；生产定型阶段设置物理技术状态审核（PCA）。同时设置5个转阶段审查点：F转C审查、C转S审查、S转D审查、D转P审查和生产定型审查。审查的过程中需要考虑技术指标、检查单、技术状态管理基线、技术成熟度和制造成熟度等，综合考虑评估成本、风险和进度，实现产品研制过程管控。各技术审查点的开展时机和主要审查目的见表1。

表1 成附件技术审查点审查时机和目的

Table 1 Accessories technical review time and target

技术审查点	开展时机	审查目的
ASR	论证阶段末期	审查备选系统的需求与用户的要求是否一致，备选方案与外部环境（系统、信息网络以及基础设施）是否协调，是否符合以往技术研究的发展趋势
SRR	论证后期或方案初期	审查用户的需求文件产生的所有功能和性能要求都经过定义，可以验证，确保系统技术要求与设计方案（论证阶段已批准的）和可用技术间的一致性
SDR	方案阶段后期	审查产品方案设计已经完成，功能基线已经建立，能够合理地预期满足相关的技术要求或协议要求
PDR	方案后期或工程研制初期	审查产品的基本设计方案和实现途径，确保满足用户需求，产品研制能够顺利地进入详细设计
CDR	转入正样机制造之前	审查详细设计结果是否满足研制规范的要求，确认分配的所有需求被正确且完整地实施
TRR	工程研制正样机阶段	审查成附件是否已经具备了开展正式试验的条件，所需的资源是否已经完备
FRR	工程研制正样机阶段	审查研制生产的符合性和重要试验的技术充分性，试验结果的有效性和可靠性，全面评估产品研制质量及飞行风险
FCA	设计定型后期	审查产品是否已达到功能基线和分配基线规定的要求，可与系统验证审查（SVR）同时进行
SVR	设计定型后期	审查产品能够进入小批生产和批量生产，任务是确定和验证最终产品性能是否满足技术协议或技术要求
PRR	设计定型后期	审查产品的设计、计划和有关的准备工作是否已经达到了能够允许生产的程度
PCA	生产定型后期	物理技术状态审核是为证实已制出产品的实际物理技术状态能否满足所依据的技术状态文件的要求

2.3 技术审查要素建立

航空发动机成附件供应商技术审查要素是技术审查体系的重要组成部分，保证技术审查的有效运行和审查的客观性。技术审查要素主要包括：审查人员、审查方法、审查工具和审查制度4个方面。

2.3.1 审查人员

为保证审查的公正性和客观性，审查人员构成应为行业内、外部从事相关学科或发动机相关领域研究的专家，人员需拥有丰富的实践经验，擅长发现问题并能够根据问题提出建设性指导意见和建议。为保持技术审查工作的连续性、继承性，必须保持审查成员的相对固定。同时，建立技术审查专家绩效评价指标体系和评价方法[10]，对专家提出的意见或建议的执行情况和应用效果进行考核评价，根据评价结果优化审查专家名单。

2.3.2 审查工具

（1）技术审查检查单

技术审查检查单是实施技术审查的有效工具，对于设定的每个审查点都应该制定专门的检查单。检查单可在技术审查的准备阶段提供指导，也可在技术审查的实施过程中作为风险评估工具。检查单的内容应该基于研制经验的累积逐步更新完善，并根据产品的具体情况进行适当剪裁。

以成附件初步设计审查检查单为例，其内容包括：审查的准入准则、问题库和准出准则。准入准则主要规定启动该项审查的必要条件；问题库包括与产品初步设计有关的所有问题；准出准则规定了该审查通过的最低要求。初步设计审查的检查单见表2。

表2 成附件初步设计审查检查单

Table 2 Accessory primary design review checklist

序号	准入准则	结论	检查情况说明
1	系统设计审查（SDR）是否已经完成？	是□ 否□	
2	是否明确了设计输入，包括接口、功能、性能等需求？	是□ 否□	
序号	问题项	文件	满足情况 备注
1	需求管理		
1.1	是否对需求进行了定义、量化和归档？	需求文档或设计要求	
2	产品初步设计		
2.1	技术要求文件是否清晰、归档？	设计要求文件	
3	技术状态管理		
3.1	技术状态管理计划是否合理并更新？	技术状态管理计划	
4	项目计划		
4.1	项目管理计划是否制订并获得批准？	项目管理计划	
5	风险评估		
5.1	是否识别了初步设计中的高风险？	风险管理计划、评估报告	
序号	准出准则	结论	检查情况说明
1	初步设计结果是否满足产品技术要求或协议要求？	是□ 否□	

（2）成附件技术审查文件体系

文件体系规定了每一阶段或审查点需要提供的资料，涵盖了技术、技术管理等多方面信息，保证审查时提供充分、可用的数据。被审查成附件需按规定要求提供审查资料，审查专家在正式审查前应进行细致的消化、理解，有效提高审查效率。

以成附件初步设计审查检查单为例，文件体系主要包括：需求文件、设计要求文件、设计分析报告、制造方案、可生产性分析报告、试验大纲、工作分解结构及工作分解说明文件、技术状态管理计划、项目管理计划、风险管理计划等。

2.3.3 审查方法

（1）技术审查综合评估方法

技术审查方法保证审查结果的准确性和客观性。美国国防采办提供了完整的技术审查方法[11]，主要包括项目支持审查方法（PSR）、项目成功可能性度量方法（POPS）和集成研讨类方法。

成附件技术审查方法可采用相似的 POPS 方法，通过项目需求、项目资源、项目规划和执行、外部影响 4 个主要因素审查项目的健康状况并发现影响项目进展的问题。在因素下设置更为细化的指标，解释每个主要因素。每个指标下设置若干标准，针对指标的实现程度确定不同的打分标准，从而形成了主要因素、指标和标准的三层金字塔形的体系结构。

审查人员根据标准的规定对产品研制过程中指标的实现程度进行评价，通过综合评分、加权计算，便可获得评估项目的风险程度是否可接受，保证审查结果的准确性和客观性。

（2）技术审查剪裁方法

技术审查的剪裁方法主要包括：技术审查点和检查单中审查内容的剪裁方法。成附件产品研制过程中应根据用户技术协议中的要求，分别从 F、C 或 S 阶段开始研制，根据研制阶段的具体工作内容和要求对技术审查点进行剪裁，在剪裁的过程中需要经过专业人员研究确定，并得到用户的批准。

技术审查检查单可以根据产品的技术范围、复杂程度、风险点等进行适当裁剪，但不可以把审查裁剪到脱离产品研制实际的程度。任何裁剪的细节都应该由专业人员深入研究，审查组成员协商确定。

2.3.4 审查制度

制定审查制度的目的是保证审查体系规范运行。本文仅阐述审查的工作流程，参照美国国防采办的技术审查运行机制[11]可将审查的工作流程分为审查的准备阶段、审查的预审阶段、正式审查阶段和跟踪问效阶段 4 个阶段。

（1）审查的准备阶段：成附件研制单位按照用户提供的检查单要求完成材料的整理和汇报材料的准备。

（2）审查的预审阶段：根据成附件研制单位提交的文件资料由用户或专家组进行预审查。按照检查单的准入要求评估是否达到审查的准入条件。

（3）正式审查阶段：审查专家按照技术审查方法、检查单等要求开展审查，并形成审查意见，成附件研制单位应分析、确认审查组的问题，确定工作项。

（4）跟踪问效阶段：根据审查的结果进行审查意见的落实。

3 结论

通过本文的研究建立了发动机成附件供应商技术审查体系，获得以下结论：

（1）明确了成附件全寿命周期研制阶段和主要工作内容，保证了产品研制工作的有序开展，有利于实现产品研制目标；

（2）建立了成附件全寿命周期技术审查点和转阶段审查点，保证技术审查的完整性和合理性；

（3）建立了技术审查要素，保证技术审查体系运行的有效性和客观性。

参考文献

[1] 梅文华 . 军工产品研制技术审查评审指南 [M]. 北京：国防工业出版社，2016.
Mei Wenhua. Military products development technical reviews guidance[M]. Beijing：National Defense Industry Press，2016.（in Chinese）

[2] 李晓松，吕彬，舒绍干，等 . 浅析美国国防采办系统工程活动 [J]. 飞航导弹，2012（10）：82-86.
Li Xiaosong，Lv Bin，Shu Shaogan，et al. The analysis of U.S. acquisition systems engineering activity [J]. Aerodynamic Missile Journal，2012（10）：82-86.（in Chinese）

[3] Navair Instruction 4355.19C. Systems engineering technical review process handbook[S]. U.S.：United States Department of Defense，2015.

[4] 郭逢刚 . Honeywell 跨国公司的研发管理研究 [D]. 武汉：华中科技大学，2013.

Guo Fenggang. Study of international corporation Honeywell' s R&D management[D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2013. (in Chinese)

[5] DO-254: Design assurance guidance for airborne electronic hardware [S]. Washington D. C.: RTCA, 2000: 27-36.

[6] 中国人民解放军总装备部. GJB 8113—2013: 武器装备研制系统工程通用要求 [S]. 北京: 中国人民解放军总装备部, 2013: 1-3.
The General Reserve Department of PLA. GJB 8113—2013: General requirements of systems engineering for weapon and equipment development[S]. Beijing: The General Reserve Department of PLA, 2013: 1-3. (in Chinese)

[7] 国防科学技术工业委员会. GJB 3273—1998: 研制阶段技术审查 [S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 1998: 5-10.
Commission of Science, Technology and Industry for National Defense. GJB 3273—1998: Technical reviews in development phase[S]. Beijing: Commission of Science, Technology and Industry for National Defense, 1998: 5-10. (in Chinese)

[8] 中国人民解放军总装备部. GJB1405A—2006: 装备质量管理术语 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
The General Reserve Department of PLA. GJB1405A—2006: Terms for equipments quality management[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006. (in Chinese)

[9] 殷世龙. 武器装备研制工程管理与监督 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.
Yin Shilong. Weapons and equipment development engineering management and supervision[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012. (in Chinese)

[10] 吴淑荣. 科技项目评审专家绩效综合评价方法研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.
Wu Shurong. The research on R&D project experts' performance evaluation based on comprehensive evaluation method[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009. (in Chinese)

[11] 李维, 吕彬. 美军武器装备采办里程碑节点审查 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2015.
Li Wei, Lv Bin. The milestone review in U.S. military weapons and equipment acquisition[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2015. (in Chinese)

作者简介

刘海年 (1984-) 男, 硕士, 高级工程师。主要研究方向: 发动机研发体系建设。

Tel: 024-24283008

E-mail: 283506493@qq.com

Research on the Methods for Aero-engine Accessories Supplier' s Technical Review System

Liu Hainian*, Luan Xu, Li Changhong, Wang Yanli, Sui Yanfeng

Shenyang Engine Research Institution, AECC, Shenyang 110015, China

Abstract: Aero-engine accessories supplier' s technical review system is one of the most critical activities to control accessories total life cycle development process, accelerate technical maturation and reduce the decision-making risk. In this paper, it illuminated the technical review system of supplier both at home and abroad. According to the existed problems of accessories supplier technical review system, from the aspects of the development process, the technical review and decision points establishment, the focus works were presented to provide guidance for enhancing the supplier technical review.

Key Words: aero-engine accessories; development process; technical review; system construction

Received: 2018-01-18; **Revised:** 2018-02-18; **Accepted:** 2018-03-05

***Corresponding author.Tel.:** 024-24283008 **E-mail:** 283506493@qq.com