

# GJB 4239 问题分析及修订建议

张建军, 傅耘, 徐俊, 王星皓

(中国航空综合技术研究所, 北京 100028)

**摘要:** 从 GJB 4239 制定的背景入手, 分析了该标准存在的一些问题。同时结合 15 年来在型号工程中推广应用遇到的实际问题, 重点分析了国内外相关标准及政府文件的发展变化情况, 包括: 美军标 810F/G 中第 I 部分《环境工程工作指南》内容的变化及存在的问题, GJB 450A 相对于 GJB 450 的优点, GJB 4239 与 810F 中《环境工程工作指南》内容的差别, GJB 450A 相对 GJB 4239 修订的可参照性等。在此基础上, 提出了修订该标准的若干建议。

**关键词:** GJB 4239—2001; 环境工程; 标准修订

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2017.11.002

**中图分类号:** TJ01

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2017)11-0007-09

## Analysis of Shortages and Revised Suggestions for GJB 4239

ZHANG Jian-jun, FU Yun, XU Jun, WANG Xing-hao

(China Aero-Polytechnology Establishment, Beijing 100028, China)

**ABSTRACT:** Based on establishment background of GJB 4239, the paper analyzed some problems of the standard. Meanwhile, in combination with actual problems in engineering application in the past 15 years, it mainly analyzed development and changes of related standards and government documents at home and abroad, including changes and shortages of “Environmental engineering program guidelines” in Part I of 810F/G, the advantages of GJB 450A compared with GJB 450, differences between GJB 4239 and “Environmental engineering program guidelines” in 810F, and the references of GJB 450A for the revision of GJB 4239. On this base, some suggestions on revision of GJB 4239 were put forward.

**KEY WORDS:** GJB 4239—2001; environmental engineering; standard revision

GJB 4239—2001《装备环境工程通用要求》(以下简称 GJB 4239)于 2001 年初颁布实施,是我国第一个运用系统工程思想指导装备全寿命周期开展环境工程工作的顶层标准。该标准系统地规定了武器装备寿命期各个阶段应开展的环境工程工作,是确定武器装备全寿命环境工程工作项目和制订相应管理计划的依据<sup>[1]</sup>。贯彻这一标准有助于规范型号环境工程工作,将其系统地纳入武器装备寿命期全过程,能从根本上促进武器装备环境适应性满足要求,对装备环境工程的发展具有重大的推动作用<sup>[2]</sup>。

GJB 4239 这一顶层标准,是在环境适应性概念不够清晰,环境适应性要求概念尚未建立,国内无正式标准和文件的背景下,参考美军标 MIL-STD-810F《环境工程考虑和实验室试验》(以下简称 810F)、英国国防装备环境手册(DEF STAN 00-35)和北大西洋公约组织标准化协议 4370 的附件《国防装备环境指南》中有关内容,结合我国的型号实践需求,按国军标 GJB 450—1988《装备研制与生产的可靠性通用大纲》(以下简称 GJB 450)的编写思路和格式编制而成的<sup>[3-5]</sup>。标准颁布至今 15 年中,围绕着装备的

通用质量特性,我国先后颁布了 GJB 9001B—2009《质量管理体系要求》、GJB 450A—2004《装备可靠性工作通用要求》和 GJB 1909A—2009《装备可靠性维修性保障性要求论证》等重大标准,并且相关装备使用部门分别在 2014 年和 2016 年也颁布了装备质量特性管理工作和试验工作的改革建议文件。同时,810F<sup>[6]</sup>也进行了修改,并于 2008 年发布了 MIL-STD-810G<sup>[7]</sup>(以下简称 810G),2014 年进一步出版了 810G 的修订版,增加了一些值得借鉴的内容。

与此同时,在 GJB 4239 的工程应用中遇到的一些问题也促使标准编制者意识到标准制定时,由于对 810F 的理解不够完整和全面,缺乏型号环境工程工作经验,对环境工程的认识处于初级阶段,造成标准内容上的欠缺<sup>[8-9]</sup>。特别是在型号实践中,逐渐凸显出其概念不够清晰、内容不够完整、可操作性差等缺点<sup>[10-11]</sup>。这些缺点加上型号总师单位认识不足和研制工作的惯性,使环境适应性工作难以全面有机融入装备寿命期各个阶段的工作中去,仍然维持着主要局限于环境验证试验的局面。

综上所述,有必要系统地对比研究近年来国内外发布的相关标准和文件,尤其是 810F/G 以及 GJB 450/450A 的变化情况,并结合我国型号研制的实践经验和需求,详细分析 GJB 4239 存在的问题,并提出

出修订建议。

## 1 国内外相关标准分析

### 1.1 810F/G 环境工程内容的变化及存在问题

#### 1.1.1 810F/G 环境工程部分内容的异同

810F/G 中第一部分《环境工程工作指南》的格式基本一致,内容变化不大。都是由范围(目的、应用和局限性)、参考文件、术语、一般工作指南和通用实验室试验方法指南组成。同时以环境管理和工程任务(附录 A)、详细项目管理指南(附录 B)、环境工程专家用的环境剪裁指南(附录 C)和动力学(机械)试验方法术语(附录 D)共四个附录的形式对一般工作指南和术语的内容作补充或进行详细说明<sup>[12]</sup>,以提供技术支撑。第一部分的第 5 章通用实验室试验方法指南的内容是与第二部分实验室试验方法相关的,严格说来,将其放在第一部分中不是很合理,这里不对其进行讨论。下面将分别对两个标准中三类人员的职责和任务变化、标准中图表变化、标准附录内容的变化等方面进行比较说明。

1) 三类人员的职责和任务。三类人员包括项目经理,环境工程专家,设计、试验工程师和试验设备操作人员,其职责和任务对比见表 1。可以看出,

表 1 810F/G 中规定三类人员的职责和任务对比

| 三类人员(职责)                          | 标准中规定的任务                    |           | 810G 的特点                                |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------------|
|                                   | 810G                        | 810F      |                                         |
| 项目经理(保证装备能在预期使用环境中按要求工作)          | 运行概念(CONOPS)                | —         | 增加的内容:给出装备使用的整体框架                       |
|                                   | 系统要求文件(SRD)                 | —         | 增加的内容:明确系统的费效要求                         |
|                                   | 初始能力文件(ICD)                 | 任务需求说明    | 替代810F中的任务需求说明                          |
|                                   | 能力开发文件(CDD)                 | 使用需求文件    | 替代810F中的使用要求文件                          |
|                                   | 能力生产文件(CDD)                 | —         | 增加的内容:用于评价供给商的交付能力                      |
|                                   | 系统工程管理计划                    | 系统工程管理计划  | 810G与810F相同                             |
|                                   | 试验与评价总计划                    | 试验与评价总计划  | 810G与810F相同                             |
|                                   | —                           | 费用和使用效能分析 | 810G将此纳入系统要求文件                          |
| 环境工程专家(协助对装备的设计和试验的设计进行剪裁)        | 制定环境工程管理计划(任务401)           | 同左        | 810F和810G中规定的环境工程专家任务基本相同               |
|                                   | 制定环境试验与评价总计划(任务402、403和404) | 同左        |                                         |
|                                   | 确定寿命期环境剖面(任务402)            | 同左        |                                         |
|                                   | 制定使用环境文件(任务403)             | 同左        |                                         |
|                                   | 制定环境问题/准则清单(任务404)          | 同左        |                                         |
|                                   | 制定详细环境试验计划(任务405)           | 同左        |                                         |
| 设计、试验工程师/设备操作者(致力使装备的设计和试验满足用户需要) | 编写环境试验报告(任务406)             | 同左        | 有关设计工程师的设计,故障分析和再设计以及修改设计要求等任务在指南中无相应说明 |
|                                   | 计划和实施自然环境试验                 | 同左        |                                         |
|                                   | 计划和实施载体(使用)环境试验             | 同左        |                                         |
|                                   | 计划和实施实验室环境试验                | 同左        |                                         |

810F/G 规定的三类人员的职责是一样的。三类人员的任务中,后两类人员任务也是一样的,仅是对项目经理的任务项作了适当调整。在保留 810F 中的任务需求说明、使用要求文件、系统工程管理计划和试验与评价总计划内容的基础上,增加了运行概念、系统要求文件和能力生产文件三个任务项目,取消了 810F 中的费用和使用效能分析任务项目,其内容已纳入系统要求文件中。必须指出,810G 中提出的三个新任务项目的具体内容在正文中叙述模糊,在附录 A 中

也没有相应内容支持,因此技术上是不够成熟的。基于这是项目经理的总体性任务,这些改动对环境工作影响不大。

2) 标准中图表的变化。810F/G 的第一部分中的主要图表对比见表 2,表 2 中各图和表的内容基本上展示了其环境工程工作内容的全貌和环境工程剪裁的思路。可以看出,810G 中增加了许多图表,特别为寿命期环境剖面开发提供了许多的指导和具体的方法,比 810F 中这方面内容丰富得多。

表 2 810F/G 第一部分中的图表对比和说明

| 序号 | 810G               |                                                                                                                                                        |                                                                                                 | 与810F的区别                      |
|----|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|    | 图表号                | 名称                                                                                                                                                     | 用途                                                                                              |                               |
| 1  | 图1-1               | 环境工程工作指南                                                                                                                                               | 展示环境工程过程                                                                                        | 两者相同                          |
| 2  | 图1-2               | 采办人员在环境设计/<br>环境试验剪裁过程中的任务                                                                                                                             | 展示三类人员在环境工程<br>工作中的职责和任务                                                                        | 基本相同,项目经理的工作<br>任务有变化         |
| 3  | 图1-3               | 军用硬件环境剪裁过程                                                                                                                                             | 展示确定环境设计要求和<br>环境试验要求过程                                                                         | 两者相同                          |
| 4  | 图1-4               | 军用硬件一般寿命期历程                                                                                                                                            | 展示装备寿命期各阶段<br>事件对应的环境因素                                                                         | 两者相同                          |
| 5  | 图402-1<br>(附录A)    | 寿命期环境剖面开发指南<br>1.通用指南(问答表)<br>2.贮存(问答表)<br>3.运输(问答表)<br>4.战术运输(问答表)<br>5.海上运行(问答表)<br>6.空中运行(问答表)<br>7.地面运行(问答表)<br>8.特殊运动(问答表)                        | 提供寿命期环境剖面开发<br>过程思路图,覆盖贮存、<br>运输和使用阶段的气候和<br>动态力学两类环境中<br>暴露方式的汇总表                              | 810F中没有                       |
| 6  | 表A~表F<br>(附录A)     | 气候暴露<br>动力学暴露<br>履带式或轮式拖车<br>水陆两用汽车<br>旋翼飞机<br>固定翼飞机<br>船舶<br>处理/丢弃                                                                                    | 为确定寿命期环境剖面<br>提供具体的操作方法,<br>包括气候环境和动力学<br>环境在各寿命阶段暴露<br>的相关信息的定性或定<br>量数据,还包括各种状<br>态相关的定性或定量数据 | 810F中没有                       |
| 7  | 图C-1~图<br>C-3(附录C) | 气候类型出现区域分布图<br>图C-1 A1、A2和A3类<br>图C-2 B1、B2和B3类<br>图C-3 C1、C2和C3类                                                                                      | 世界范围各种气候区的地<br>理分布图,以帮助确定未来<br>部署和作战地区的气候类别                                                     | 基本相同。810F中的适中区<br>在810G中改为A3区 |
| 8  | 表C-1(附录C)          | 世界上气候条件汇总以及温度、<br>太阳辐射和相对湿度日循环                                                                                                                         | 给出各类气候区的温湿度和<br>太阳辐射日循环数据,便于选用                                                                  | 增加贮存和运输状态的诱发<br>温度和诱发相对湿度一栏   |
| 9  | 表C-2~表C-4<br>(附录C) | 寿命期各阶段会遇到的<br>各种潜在环境因素汇总<br>C-2 储存阶段(仓库、有遮蔽露天)<br>C-3 运输阶段(陆运、铁路、空运、海运)<br>C-4 使用阶段(人携、履带式或轮式车辆,<br>固定翼和旋翼飞行器,船舶和潜水艇,<br>固定设备,抛射体自由行程,鱼雷发射,<br>导弹自由行程) | 与图1-4的目的一样,只是以表的<br>形式列出,内容基本相同                                                                 | 810F中没有                       |

3) 标准附录内容的变化。810F/G 的附录内容大部分相同,仅附录 C 的变化较大,具体见表 3。810F/G 的附录 A 到附录 C 的任务或内容也是环境工程工作的主要项目,表中也说明相应内容在 GJB 4239 中的情况。从表 3 可看出,GJB 4239 中未包括 810F/G 中

的环境试验报告、环境剪裁和动力学试验方法术语方面的内容。有关寿命期环境剖面,810G 中增加了确定寿命期环境剖面的流程和一系列调查表,以便于准确地确定装备寿命期遇到且需要考虑的环境类型及其相应的作用时间。

表 3 810F/G 附录内容对比和 GJB4239 中对应情况

| 附录  | 810F                                                                | 810G                                           | GJB4239中的工作项目                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 附录A | 环境工程管理计划(任务401)                                                     | 内容与条款与810F一致                                   | 工作项目101                                                               |
|     | 寿命期环境剖面(任务402)                                                      | 内容与条款与810F一致,但增加了“寿命期环境剖面问卷”一节,篇幅很大,见表2中5.6.9项 | 工作项目201                                                               |
|     | 使用环境文件(任务403)                                                       | 内容与条款与810F一致                                   | 工作项目202                                                               |
|     | 环境要求/准则清单(任务404)                                                    | 内容与条款与810F一致                                   | 工作项目203                                                               |
|     | 详细环境试验计划(任务405)                                                     | 内容与条款与810F一致                                   | 工作项目401                                                               |
|     | 环境试验报告(任务406)                                                       | 内容与条款与810F一致                                   | 无此工作项目                                                                |
| 附录B | 详细项目管理指南,(总则,预期使用环境,费用、进度和性能权衡,实验室试验、自然环境试验和使用环境试验的应用;替代硬件试验的备选方案等) | 内容与810F基本一致                                    | 有自然环境试验(工作项目407)、实验室环境试验(工作项目402~406)和使用环境试验(工作项目408)。替代硬件试验的工作项目为204 |
| 附录C | 环境工程专家的环境剪裁指南(内容包括剪裁目的,剪裁过程,剪裁范围,气候类别简介,确定应用气候类别的考虑指南)              | 内容与810F基本一致                                    | 无此工作项目,也无相关内容的附录                                                      |
| 附录D | 动力学(机械)试验方法术语                                                       | 内容与810F基本一致                                    | 无此相关术语                                                                |

4) 其他变化。810F 只包括第 I 部分环境工程工作指南和第 II 部分实验室试验。810G 增加了世界气候区指南作为第 III 部分。该部分提供了世界上各气候区的气候资料和气候极值,为剪裁和确定气候环境适应性要求和气候环境试验条件提供数据支持。

#### 1.1.2 810F/G 环境工程部分存在的问题

810F 成为编制我国 GJB4239 标准的重大参考标准之一。如今 810F 又改版为 810G,如前所述,就其第一部分而言,变化并不大。但 810F/G 中的环境工程工作指南部分,仍存在着一些缺陷。在 15 年前制定 GJB 4239 时,由于型号环境工程工作经验缺乏,对环境工程的认识处于初级阶段,因而有些缺陷在 GJB 4239 中也明显地体现出来。具体表现在 GJB 4239 的有些内容不够明确或清晰。在 GJB 4239 修改之际,有必要系统地分析 810F/G 存在的问题。

1) 环境适应性设计未纳入环境工程工作指南图。在 810F/G 环境工程工作指南图中,工作进行到任务 404“编制环境问题/准则清单”后,直接进入试验。这一要求既作为编制试验计划和进行试验的依据,又作为考虑是否要用硬件进行试验,是否可采用仿真、试样或分析方法,代替试验的依据。此图容易让人们误

以为任务 404 输出的是试验要求,而不是设计要求。整个图中的任务 401 到任务 406 的内容全部是试验和试验管理。环境适应性作为装备的质量特性首先是靠设计纳入装备的,缺少设计内容的环境工程是极不完整的。

2) 环境问题/准则清单不完善。810F/G 中几乎到处都强调要在装备寿命期各个阶段充分考虑环境问题,以确保装备能够在未来各种环境中,按合同要求正常工作。然而,在其环境工程指南图和设置 401—406 项任务的内容中,均只是围绕着环境试验工作展开,没有如何进行环境设计和装备环境适应性预计的任务和管理方面的措施。810F/G 标准第一部分的附录 A 中的任务 402、403 和 404,实际上是一个确定装备环境适应性要求(包括指标)的过程,然而在标准中任务 404 将其输出落实到“编制环境问题/准则的清单”。这一清单的具体含义在任务 404 中有所提及,主要包括设计和试验要考虑的每类环境应力或它们的综合,并且指出设计要求和试验要求并非所有情况下都相同,其输出还包括这些要求的确定方法和存在的关键技术以及基本原理和假设等。

3) 环境剪裁实施描述不清晰。810F/G 的第一部

分中不断强调要通过剪裁使装备寿命期各阶段工作中都考虑环境工作的内容,但到底如何实施剪裁描述得不够清晰,标准中有关剪裁的具体内容主要体现在术语中“剪裁”的定义,环境试验剪裁过程图和附录 C 《环境工程专家用的环境剪裁指南》中。在术语中定义的环境剪裁包括设计要求剪裁、试验要求剪裁和管理文件剪裁三部分,但标准内容中并未对这三方面的剪裁作出响应,即使有类似的内容也不够直白。此外,环境试验剪裁过程图也只是给出了一个基本过程框架和原理。至于附录 C,作为环境工程专家环境剪裁指南,虽然剪裁目标明确,但剪裁过程的描述还是过于原则和抽象。该附录中提供的气候类型仅仅是重复 MIL-HDBK-310 中相应内容,是剪裁用的素材。只有其确定系统气候类别考虑一节对于如何选择气候环境适应性要求有一定的指导作用,但缺少风险值选择的指南,而关于动力学环境和其他环境的应力剪裁却只字未提,因此 GJB 4239 中关于环境剪裁实施的内容很不完整。

1.2 GJB 450/450A 内容的变化

GJB 4239 基本上是仿照 GJB 450 的格式编写的,按照环境工程管理、环境分析、环境适应性设计和环境试验与评价四个方面分别设置相关的工作项目。GJB 450 是以美军标 MIL-STD-785B 《产品研制和生产的可靠性工作大纲》为基础编写的,并于 2004 年修订为 GJB 450A。修订工作充分地结合了我国型号实践需求和国外一些新思路,标准内容也作了较大的扩充,工作项目从 GJB 450 的 18 项增加到 32 项。GJB 450A 相对于 GJB 450 的重大变化如下:

- 1) 名称改为《装备可靠性工作通用要求》。
- 2) 应用阶段由原来的研制与生产阶段,前扩到论证阶段,后延至使用阶段,覆盖了装备全寿命周期各个阶段。
- 3) 不再使用“订购方提出大纲要求,承制方制定可靠性保证大纲”的说法,改为“订购方提出可靠性要

求和可靠性工作项目要求,承制方制定并实施可靠性工作计划”。

- 4) 总则(相当于 GJB 450 中的一般要求)中增加了可靠性工作的基本原则、订购方与承制方的职责和使用期间的可靠性工作等内容。
- 5) 增加了“可靠性及其工作项目要求确定”的工作项目系列,定为 100 系列。该系列包括“确定可靠性要求”和“确定可靠性工作项目要求”两个工作项目。
- 6) 原 100 系列的“可靠性管理”顺推为 200 系列,增加了“制定可靠性计划”和“可靠性增长管理”两个项目,明确要求订购方为自己制订可靠性工作计划,并实施有效的管理。
- 7) 原 200 系列“可靠性设计与分析”顺推为 300 系列,增加了“故障树分析”、“制订了可靠性设计准则”、“有限元分析”和“耐久性分析”四个工作项目。
- 8) 原 300 系列“可靠性试验与评价”顺推为 400 系列,增加了“可靠性研制试验”、“可靠性分析与评价”和“寿命试验”共三个工作项目。
- 9) 增加了 500 系列“使用可靠性评估与改进”,包括“使用可靠性信息收集”、“使用可靠性评估”和“使用可靠性改进”三个工作项目。

2 GJB 4239 与国内外相关标准对比及存在问题分析

2.1 GJB 4239 与 810F/G 环境工程部分对比分析

2.1.1 对比分析

GJB 4239 主要是参考美军标 810F 第 I 部分内容和 GJB 450 的内容及编写形式编制而成的。尤其在编写格式上类似于 GJB 450 中工作项目的设置,完全不同于 810F 中指南图和任务项目格式。与 810F 的内容对比见表 4。

表 4 GJB 4239 内容与 810F/G 环境工程部分内容说明

| GJB 4239 |                                  |            | MIL-STD-810F/G |                                                                    |                    |
|----------|----------------------------------|------------|----------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
|          | 内容                               | 810F中相应内容  | 三类人员           | 内容                                                                 | GJB 4239 中有无相应工作项目 |
| 一般要求     | 描述装备环境工程工作的主要任务<br>成立环境工程专家组及其职责 | 无相同表达形式的内容 | 项目主任           | 任务描述                                                               | 无                  |
|          |                                  |            |                | 工作指南(指南图1-1)剪裁过程图(1-3),三类任务图(1-2)                                  |                    |
|          |                                  |            |                | 编写文件: 1.任务需求说明;<br>2.使用需求文件; 3.系统工程管理计划; 4.试验评价总计划;<br>5.费用和使用效能分析 |                    |

| 续表       |             |                               |                                              |                                   |                                                           |                           |
|----------|-------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|
| GJB 4239 |             |                               |                                              | MIL-STD-810F/G                    |                                                           |                           |
|          | 内容          |                               | 810F中相应内容                                    | 三类人员                              | 内容                                                        | GJB 4239<br>中有无相<br>应工作项目 |
| 详细<br>要求 | 环境工<br>程管理  | 制订环境工程工作计划<br>（工作项目101）       | 810F中EES<br>第1项任务                            | 环境工程<br>专家(EES)                   | 任务描述                                                      | 无                         |
|          |             | 装备环境工程工作评审<br>（工作项目102）       | 无                                            |                                   | 编写文件：1.制订环境工程管理<br>计划（任务401）                              | 有                         |
|          |             | 环境信息管理（工作项目<br>103）           | 无                                            |                                   | 2. 制订环境试验与评价总计划<br>（任务402、403和404）                        |                           |
|          |             | 对转承制方和供应方的控<br>制（工作项目104）     | 无                                            |                                   | 3.确定寿命期环境剖面<br>（任务402）                                    |                           |
|          | 环境<br>分析    | 确定寿命期环境剖面<br>（工作项目201）        | 810F中EES<br>第3项任务                            |                                   | 4. 制订使用环境文件<br>（任务403）                                    |                           |
|          |             | 编制使用环境文件<br>（工作项目202）         | 810F中EES<br>第4项任务                            |                                   | 5.制订环境问题/准则清单<br>（任务404）                                  |                           |
|          |             | 确定环境类型及其量值<br>（工作项目203）       | 810F中EES<br>第5项任务                            |                                   | 6.制订详细环境试验计划<br>（任务405）                                   |                           |
|          |             | 确定实际产品试验的替代<br>方案（工作项目204）    | 810F中EES第6项任<br>务和附录B                        |                                   | 7.编写环境试验报告（任务406）                                         | 无                         |
|          | 环境适<br>应性设计 | 制订环境适应性设计准则<br>（工作项目301）      | 无                                            | 设计、试<br>验工程<br>师和试验<br>操作者        | 设计工程师任务<br>进行环境适应性设计和编写产品<br>规范                           | 部分有                       |
|          |             | 环境适应性设计<br>（工作项目302）          | 810F的设计工程师<br>任务中,要求进行环<br>境适应性设计和制<br>订产品规范 |                                   | 试验工程师和操作人员任务<br>1）进行实验室环境试验<br>2）进行自然环境试验<br>3）进行载体使用环境试验 | 有                         |
|          |             | 环境适应性预计<br>（工作项目303）          | 无                                            |                                   |                                                           |                           |
|          | 环境试<br>验与评价 | 制定环境试验与评价总计<br>划（工作项目401）     | 810F中EES<br>第2项任务                            | 附录A                               | 环境工程管理计划（任务401）                                           | 有                         |
|          |             | 环境适应性研制试验<br>（工作项目402）        | 810F中试验工程<br>师和操作人员第1项<br>任务和附录B, 但<br>未进行分类 |                                   | 寿命期环境寿命<br>（任务402）                                        | 有                         |
|          |             | 环境响应特性调整试验<br>（工作项目403）       |                                              |                                   | 使用环境文件（任务403）                                             | 有                         |
|          |             | 飞行器安全性环境试验<br>（工作项目404）       |                                              |                                   | 环境要求/准则清单<br>（任务404）                                      | 有                         |
|          |             | 环境鉴定试验<br>（工作项目405）           |                                              |                                   | 详细环境试验计划<br>（任务405）                                       | 有                         |
|          |             | 批生产环境试验（验收和例<br>行试验）（工作项目406） |                                              |                                   | 环境试验报告（任务406）                                             | 无                         |
|          |             | 自然环境试验<br>（工作项目407）           |                                              | 810F试验工程师、<br>操作者的任务2和<br>任务3及附录B | 附录B                                                       | 1.有关环境影响分析、性能、<br>费用和进度权衡 |
|          |             | 使用环境试验<br>（工作项目408）           | 2.自然环境试验                                     |                                   |                                                           | 有                         |
|          |             |                               | 3.实验室环境试验                                    |                                   |                                                           | 有                         |
|          |             |                               | 4.使用环境试验                                     |                                   |                                                           | 有                         |
|          |             | 5.替代硬件试验方案                    | 有                                            |                                   |                                                           |                           |
|          |             | 环境适应性评价<br>（工作项目409）          | 无                                            | 附录C                               | 环境工程专家用环境剪裁指南                                             | 无                         |
|          |             |                               | 附录D                                          | 动力学术语                             | 无                                                         |                           |

### 2.1.2 区别和联系

GJB 4239 共有 20 个工作项目, 其中环境工程管理中的环境工程工作计划(工作项目 101), 环境分析中的 4 个工作项目(工作项目 201~204)和环境试验与评价中的工作项目 401, 共计 6 个工作项目主要是参考 810F 制订的。其余 14 个工作项目是 GJB 4239 编制组新增的, 其中包括环境适应性设计中的 3 个工作项目、环境试验中的 8 个项目和环境管理中的 3 个项目。可见, 制订 GJB 4239 时, 编制组已经作了很大努力, 尽量使环境工程工作项目完整和易操作, 因而与 810F 的环境工程有了很大差别。二者主要问题对比如下。

1) 从环境工程人员的职责和任务来看, GJB 4239 的一般要求中简述了环境工程工作四大任务, 但没有明确规定这四大任务由谁负责, 只是强调要成立环境工程专家组协助使用方和承制方开展环境工程工作及简述了主要工作内容。810F 中则明确了项目经理、环境工程专家和设计/试验工程师各自的任务, 而且环境工程专家的任务十分具体。

2) 810F 中附录 C 的环境工程剪裁指南和附录 A 的项目 406 编写环境试验报告并未纳入 GJB 4239。从多年的试验实践来看, 这两项工作是十分重要的, 有必要将其纳入 GJB 4239 的修订版中去。基于多年的环境工程实践和剪裁技术研究成果, 现在也有能力将其编写为 GJB 4239 中的工作项目或附录。

3) 从前文分析 810F/G 标准存在的问题看出, GJB 4239 工作项目 203“确定环境类型及其量值”尽管比 810F 中的“编制环境问题/准则清单”更直观, 但依然比较模糊, 描述也不合理, 未能明确将其规范为环境适应性要求。同时, 无论是环境适应性设计要求, 还是环境适应性验证要求, 均缺少清晰的定义和环境适应性要求确定的准则或依据和方法的规定。

## 2.2 GJB 450A 相对 GJB 4239 修订的可参照性分析

通过 GJB 450/450A 内容的变化梳理出 GJB 450A 重大变化如下: 工作内容由研制和生产向前后延伸, 扩展到装备全寿命周期; 在总则中规定了可靠性工作的基本原则; 在总则中明确了订购方和承制方的职责; 强调了收集全寿命可靠性信息, 实施统一管理的要求; 明确了可靠性要求, 包括定性要求和定量要求及其设计的范围, 以及确定了可靠性定量要求的原则; 明确了可靠性要求的验证及验证方法, 包括试验验证、建模仿真分析和综合评估等方法; 增加了“可靠性及其工作项目要求的确定”方面的两个工作项目(有关要求文件在美国一般是利用法规文件来规定, 在北约用标准化文件来规定, 在制订 GJB 450A 时,

我国尚未发布这种文件, 也无相应的标准, 因此在这种情况下, GJB 450A 作出相关要求有利于使用方按规定开展工作, 并且对于使用方而言这种需求同样迫切); 增加了使用阶段的可靠性工作系列, 对使用可靠性信息收集、使用可靠性评估和使用可靠性改进工作进行规范和指导。

GJB 4239 的制订晚于 GJB 450, 因此制订 GJB 4239 时有些方面的考虑已经超越了 GJB 450 的思路。例如工作内容方面, GJB 4239 已经从全寿命周期考虑, 不再限于研制和使用阶段; 在设计方面, 专门设立了环境适应性设计准则, 环境适应性设计和预计三个工作项目; 在环境工程管理项目中设置了全寿命环境信息的搜集、建立和运行系统; 在试验和评价项目中引入了使用环境试验和环境适应性评价两个工作项目。与 GJB 450/450A 在内容上的重大变化相比, GJB 4239 的一般要求中缺少订购方和承制方的职责, 没有明确规定环境适应性要求的验证方式和验证方法, 缺少环境适应性要求分解的内容, 使用期间环境适应性评价与改进内容过于简单。同时, 其详细要求中缺乏环境适应性定性要求和定量要求以及确定原则。

## 2.3 GJB 4239 在型号应用中存在问题分析

1) 贯彻和实施环境工程有关方职责不明确。GJB 4239 中明确规定, 根据工作需要, 可成立由订购方和承制方专家组成的型号环境工程专家组, 协助订购方和承制方开展环境工程工作。环境工程专家组应尽早参与装备论证和研制过程, 协助确定装备寿命期环境剖面、环境适应性要求、环境工程工作计划等工作。由于标准中缺少环境工程工作的基本原则, 订购方、承制方的职责, 承担环境鉴定试验的试验单位的职责以及型号环境工程专家组的职责, 同时订购方说法不准确。使得环境工程工作在型号中的落实缺乏具体指导, 并且工作的规范性不足, 从而使环境工程质量大打折扣。

2) 环境分析部分的部分工作项目说法不准确。环境分析部分设立的前 3 个工作项目是确定寿命期环境剖面(工作项目 201)、编制使用环境文件(工作项目 202)和确定环境类型及其量值(工作项目 203)。工作项目 201、202 和 203 之间是互相密切关联的, 前一个工作项目的结果(输出), 可以作为后一个工作项目的输入。它体现了确定装备环境适应性要求的过程, 最终输出是装备的环境适应性要求, 而其名称为“确定环境类型及其量值”, 显然这种说法不够确切和直观, 将其改为“确定环境适应性要求”更合适。

3) 环境试验与评价部分工作项目内容不够详实。GJB 4239 中虽然对使用环境试验(工作项目 408)和环境适应性评价(工作项目 409)的目的、应具备

的条件和信息作了规定,但这些内容过于笼统,只是提出了工作要求和原则,在如何实施使用环境试验和如何对装备适应性进行评价方面缺乏详实的内容。目前,我国这两项工作开展得很少,经验也不足,需要通过不断的实践,不断积累经验、总结提高,以丰富 GJB 4239 中相应的内容。同时研究和制订相应的支持标准,才能确保这两个工作项目的顺利开展。

4) 应用指南过于简单。GJB 4239 的 1.3 节明确规定,标准中的 20 个工作项目是否实施,应根据装备的类型、所处的阶段和可获得资源进行适当的剪裁,但标准缺少具体的剪裁指南,应当有一个附录或另外编写相应的指导性文件来说明对 GJB 4239 中 20 个工作项目如何根据具体情况进行剪裁,每一个工作项目内容如何进行适当的剪裁,以利于该标准的正确实施。

### 3 GJB 4239 标准修订建议

通过以上 810F/G 中的环境工程内容的变化及存在问题分析,借鉴 GJB 450/450A 编写思路,结合 GJB 4239 与 810F、GJB 450 的对比分析结果,以及 GJB 4239 在我国型号工作实践中存在的问题和需求,建议增加如下内容修订 GJB 4239。

1) 术语增减。删除“环境条件”;增加“装备环境适应性要求”、“环境适应性验证”、“环境适应性评价”等。

2) 增加环境工程一般要求内容。增加装备环境工程工作目标;增加环境适应性要求极其工作项目要求的确定;增加环境工程工作的基本原则;增加使用方、承制方、试验单位和环境工程专家组等有关方的职责;增加环境信息;增加环境适应性要求及其论证以及环境适应性的验证要求;增加环境工程管理文件等内容。

3) 增改环境分析内容。将环境分析改为“环境适应性和环境工程工作项目要求”。工作项目 202“编制使用环境文件”修改为“获取寿命期环境数据”。“编制使用环境文件”是照搬 810F,该工作项目实际包括两方面内容:一是从现有数据库、模型和仿真中搜集使用环境数据;二是若使用环境数据不足,应开展环境数据实测,从而形成使用环境文件,其中使用环境的说法未能清楚地描述出装备的自然环境和平台诱发环境,使用环境的提法与文件的内容也不太相符,因此修改为“获取寿命期环境数据”较为完善。工作项目 203“确定环境类型及其量值”改为“确定环境适应性要求”。GJB 4239 中工作项目“确定环境类型及其量值”这一说法概念有些模糊,既可以理解为设计要求,也可理解为试验要求。从环境适应性这一质量特性概念出发,设计要求改为环境适应性要求,因此直接改

为环境适应性要求更合理。环境适应性要求是环境工程工作的基础和依据,有了明确的环境适应性要求,才能据此开展环境适应设计和开展不同的阶段的环境试验。增加“确定环境工程工作项目要求”的工作项目。不同的装备有不同研制起点,一个装备的研制系统中,有总体(师)单位、系统总承包单位、设备研制单位和货架产品供应单位。不同研制起点的装备,以及研制系统中不同层次的单位,其对应的环境工程工作项目都是不一样的。因此应按型号研制工作实际情况进行剪裁,从而确定应开展的工作项目。

4) 增改环境试验与评价内容。将工作项目 407“自然环境试验”扩充为“大气环境试验”、“海水环境试验”和“土壤环境试验”3 个工作项目。

5) 环境适应性设计中新增工作项目“环境适应性要求分解”。

6) 增加使用期间环境适应性评价与改进系列工作项目。

7) 附录增减。增加“装备环境适应性要求及其表征方法”和“装备环境工程工作项目剪裁指南”两个附录。目前 GJB 4239 仅有 1 个附录,主要内容是一张装备环境工程工作项目实施表格,指导性和可操作性较差。为增加修订后标准的可操作性,需增加附录内容,涵盖装备环境适应性、环境适应性要求的详细描述,组成装备环境适应性要求的要素,环境适应性要求的定量表征方法以及确定环境适应性要求的原则;并为环境工程工作项目的剪裁和环境试验的剪裁提供指导。

#### 致谢

本论文结合了装备发展部标准制修订项目《装备环境工程通用要求(修订 GJB 4239)》的论证报告、标准修订总体框架和标准初稿等内容。从 2016 年初开始撰写,前期在论文构思、相关背景资料翻译分析得到祝耀昌老师的悉心指导,在此特别致谢。

#### 参考文献:

- [1] GJB 4239—2001, 装备环境工程通用要求[S].
- [2] 孙建勇, 祝耀昌. GJB 4239《装备环境工程通用要求》简介[J]. 装备环境工程, 2006, 3(3): 110-115.
- [3] 祝耀昌, 孙建勇. GJB 4239《装备环境工程通用要求》及其应用分析(一)[J]. 航空标准化与质量, 2006(5): 32-37.
- [4] 孙建勇. GJB 4239《装备环境工程通用要求》及其应用分析(二)[J]. 航空标准化与质量, 2006(5): 31-32.

[5] 祝耀昌. GJB 4239《装备环境工程通用要求》及其应用分析(III)[J]. 航空标准化与质量, 2006(5): 32-37.

[6] MIL-STD-810F, Environment Engineering Consideration and Laboratory Test [S].

[7] MIL-STD-810G, Environment Engineering Consideration and Laboratory Test [S].

[8] 祝耀昌, 魏莱, 程丛高. GJB 150/150A、GJB 4239 和 MIL-STD-810F/G 的特性和相互关系分析[J]. 航天器环境工程, 2012(3): 243-249.

[9] 祝耀昌, 李敏伟, 游亚飞. GJB 4239 的作用和存在问题分析[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6): 1-6.

[10] 祝耀昌, 石鹏颀, 程丛高, 等. 军用飞机机载设备振动试验要求和有关问题的讨论(一): GJB 150.16/16A 军用喷气式飞机和螺旋桨式飞机机载设备和外挂的振动试验要求及对比分析[J]. 航天器环境工程, 2016(2): 127-135.

[11] 祝耀昌, 石鹏颀, 程丛高, 等. 军用飞机机载设备振动试验要求和有关问题的讨论(二):GJB 150.16/16A 中军用直升机和各种军用飞机发动机设备的振动试验要求及对比分析[J]. 航天器环境工程, 2016(3): 240-246.

[12] 张小达, 李晔, 向树红, 等. 航天器环境试验基线与剪裁技术:第一部分试验基线由来[J]. 航天器环境工程, 2016(2): 121-126.