

# 美国环境应力筛选标准MIL-HDBK-2164A解析

林琳<sup>1</sup>, 郑红<sup>2</sup>

(1. 中国航空工业第一集团公司自动控制研究所, 西安710065; 2. 上海航天技术研究院科研一部, 上海200235)

**摘要:** 文章介绍了环境应力筛选现状和种类, 重点对美国新版军用手册MIL-HDBK-2164A进行分析, 指出该手册的最新观点。最后对军用产品环境应力筛选的标准修订及其实施提出建议。

**关键词:** 电子产品; 环境应力筛选; 可靠性

中图分类号: V416.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-1579(2008)01-0052-04

## 1 引言

众所周知, 产品的可靠性是通过设计纳入产品的。进行可靠性设计要用到的技术包括元器件选择、降额设计、电路设计、冗余度设计、耐环境设计等; 另外一个不容忽视的技术就是制成硬件后, 通过试验来找出设计和工艺缺陷, 而后改进设计。应当指出, 产品在设计阶段可靠性虽达到了规定目标值, 并不意味着投产后生产的产品可靠性就能达到这一目标值。实际上由于某些原因(如使用了有缺陷的元器件、零部件、外购件、备件, 制造过程不当, 制造工艺不完善, 制造过程检验工序不完善等), 会使产品引入各种缺陷。这些缺陷分为明显缺陷和潜在缺陷两类。明显缺陷通过常规的检验手段(如目检、常温功能检测)和其他质量保证工序即可消除。潜在缺陷用常规检验手段无法检测出来, 这些潜在的缺陷如果在出厂前不剔除, 最终将在使用期间的应力作用下以早期故障的形式暴露出来。因此, 虽然产品的固有可靠性基本上是由设计确定的, 但如果在生产期间没有有效的可靠性保证措施来消除引入产品中的各种缺陷, 生产出的产品可靠性将低于设计的可靠性水平。生产中引入产品(特别是可靠性要求很高的产品)中的潜在缺陷即使很少也可能严重降低其现场使用可靠性。

ES (Environmental Stress Screening, 环境应力筛选) 是通过向电子产品施加合理的环境应力和电应力, 将其内部的潜在缺陷加速变成故障, 并加以发现和排除的过程。它是生产期间使产品的可靠

性达到或接近设计可靠性水平的一项有力措施。

## 2 环境应力筛选标准

环境应力筛选主要分为常规环境应力筛选、定量环境应力筛选和高加速应力筛选三种类型。目前国内已经制订了相应的标准(如表1所示)。

表1 国内外环境应力筛选标准  
Table 1 National and international ESS standards

序号	类型	国内标准代号及名称	国外标准代号及名称
1	常规筛选	GJB 1032—1990电子产品环境应力筛选方法 HB 6206—1989 机载电子设备环境应力筛选方法	MIL-STD-2164(1985) 电子设备环境应力筛选方法 [美]
2		QJ 3138—2001航天产品环境应力筛选指南	主要参考 MIL-STD-2164
3		HB/Z 213—1992 机载电子设备环境应力筛选指南	IES (1990) 组件环境应力筛选指南[美]
4			MIL-HDBK-2164A(1996) 电子产品环境应力筛选方法 [美]
5	定量	GJB/Z 34—1993电子产品定量环境应力筛选指南	DOD-HDBK-344(1986) 电子设备环境应力筛选 [英]
6	筛选		DOD-HDBK-344A (1993) 电子设备环境应力筛选 [英]
7	高加速应力筛选	高加速应力筛选仅适用于研制阶段已通过高加速寿命试验找出其工作极限和工作破坏极限的产品的批生产过程。目前国内外尚未制订国家标准, 只有部分企业标准。	

从表1可以看出, 国内外环境应力筛选标准基本上是 20 世纪 80 年代末、90 年代初制订的, 这

收稿日期: 2007-09-22; 修回日期: 2007-12-18

作者简介: 林琳(1975-), 女, 高级工程师, 研究方向为环境工程与可靠性试验技术。联系电话: (029) 88399740; E-mail: lin0512@163.com.

些标准在工程实践中已经得到了广泛的应用，对提高产品的使用可靠性发挥了重要的作用。我国用得最多的是GJB1032。但是随着科学技术的发展，材料、元器件质量和制造工艺水平的提高，原标准中规定的筛选应力的强度已不能适应现代产品生产的需要，标准中的一些观念和思路也有待改进，因此，美国在1996年发布了MIL-STD-2164（下称2164标准）的修订本MIL-HDBK-2164A《电子设备环境应力筛选方法》（下称2164A手册）。2164A手册提出或明确了一些新的观点和概念，很有指导意义和实用价值。本文做一简单介绍。

### 3 2164A手册中的新观点

#### (1) 指出ESS是一道工序而不是试验

特别说明ESS是一个经济、有效的工程研究和制造的改进措施和检验工序，而不是等同于鉴定试验等一般意义上的一种接受/拒收试验，是一种找出产品研制、生产、制造、元器件等产生的缺陷的工艺手段。在2164A手册中去掉了任何把ESS看作试验的表达方式，将“试验”改为“筛选”，如“试验条件”改为“筛选条件”，“试验设备”改为“筛选设备”，“试验箱”改为“筛选箱”，“振动试验”改为“振动筛选”等等。

#### (2) 明确ESS的目的是激励缺陷

指明了ESS并不是模拟真实环境，而是为了激

励出缺陷，出现故障并不影响产品的MTBF（平均失效间隔时间），并且更希望在工厂内出现更多的问题，由此找出失效的原因并采取相应的改进措施。表2<sup>[3]</sup>是ESS能发现的典型缺陷。

表2 筛选能发现的典型缺陷  
Table 2 Typical defects that can be identified by ESS

温度循环	振动	温度和振动
元器件参数漂移	粒子污染	焊接缺陷
电路板开路、短路	压紧导线磨擦 晶体缺陷	硬件松脱
元器件安装不当	混装、邻近板摩擦	元器件有缺陷
错用元器件	元器件短路	紧固件问题
密封失效	导线松脱	元器件破损
化学污染	元器件粘接不良	电路板蚀刻腐蚀
导线束端头缺陷	大质量元器件 紧固不当	
夹接不良	机械性缺陷	

ESS带来的好处有：能够降低产品总寿命循环成本，确保准时交付；改进交付后的性能；提高用户对产品的满意度；减少维修费用和提高战备完好率。通过ESS，可有效地剔除电子产品中因不良工艺和超差或临界状态器件引起的明显的和潜在的隐患，还可以发现因设计不成熟或者鉴定及可靠性增长试验不充分而引起的设计问题，这样才能够保证生产出的产品的可靠性与设计的可靠性水平相当。

#### (3) 扩大了ESS使用范围，考虑了ESS的经济性

明确ESS可用于研制、生产、使用等各阶段，适用于各种电气、电子、光电、机电或电化学的器件（包括备件及维修件），包括机库的检修计划，甚至是已经实施过ESS的市场产品或本国、外国的军用品。

在ESS使用时提到注意ESS的费用是否能在产品的使用过程中得到逐步返还，以及实施ESS后是否能够节省费用的问题，说明不仅要考虑到ESS为产品带来的益处，同时也要注意在实施过程中的费用问题，最好能够达到最大效费比。

#### (4) 指出ESS大纲应该是动态的，要根据产品实际情况进行剪裁设计

2164A手册中明确提出不可能有一个适用于所有产品的通用筛选大纲。经济有效的ESS大纲必须是动态的，应根据受筛产品特性、特点和实际情况进行剪裁设计，而且必须对筛选大纲进行有效管理。2164A手册中给出了一个筛选流程图，如图1

所示。

2164A手册在首页就阐述了这个问题，与2164标准比较可以看出，美军方已经越来越重视产品ESS大纲的剪裁。

(5) 温度应力发生变化，温变速率提高到10/min

2164A手册将温度变化速率从2164标准的5 /

造的产品，对已知脆弱的经受不住筛选应力的硬件可以不参加ESS，但需要在文件中加以说明。

2164A手册指出应在各产品层次上进行ESS。考虑到在将低一级的各产品组装成高级产品时，由于使用了外构件及组装工艺而引入了新的缺陷，因此任何一级上的筛选不能代替高级上进行的

min提高到10 /min，从而提高了筛选强度，更有利于暴露缺陷，并规定筛选箱中的温度范围（高温和低温设置点）可参考被筛产品的规范确定。

2164标准和2164A手册提供的筛选随机条件不同。

(6) 指出了ESS可在元器件到最终成品的任何级别上进行

ESS目的是要筛选出缺陷而不危及正常制

筛选，并且应将较严酷的筛选剖面用在较低的组装级。高一级的筛选虽然能够代替低一级组件上的筛选，但筛选效率将降低，而筛选成本大大提高。所以一个好的ESS大纲应使大部分的缺陷在较低的组装级被筛出，因为在这时所暴露的问题更容易修正，且修理费用亦较低。

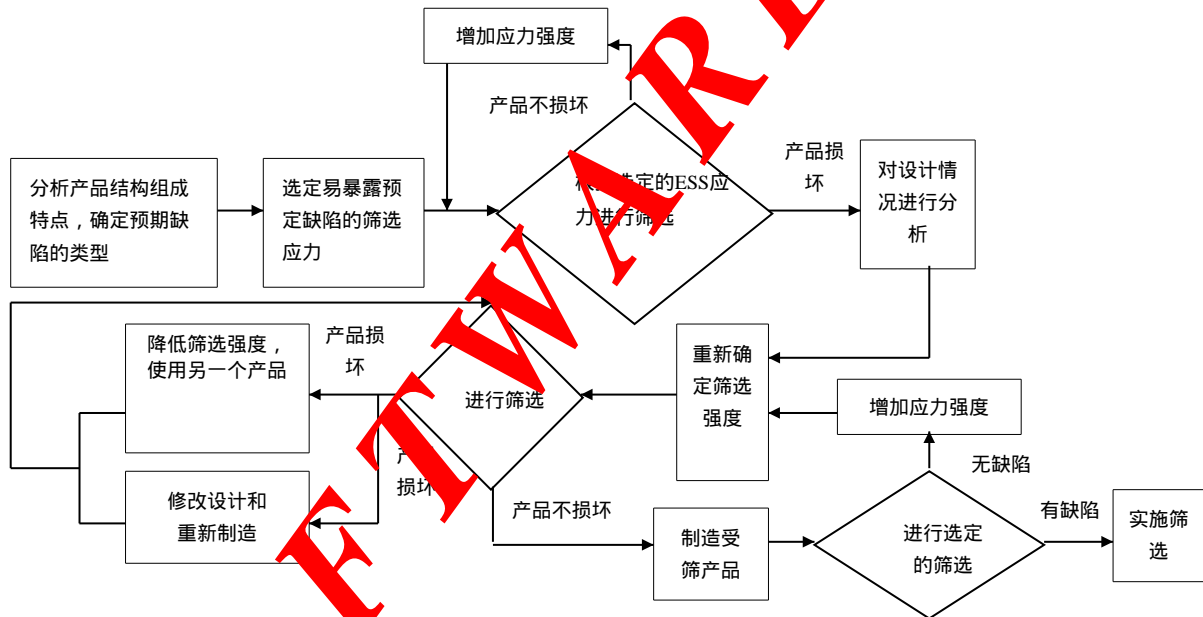


图1 ESS流程图 Fig.1 ESS flowchart

#### 4 2164A手册存在的问题

(1) 虽然明确说明了产品的ESS大纲应经过剪裁设计，并且必须是动态的，而且也给出了一个筛选流程图，指明了路径，但并没有给出一个具体的剪裁设计方法或指导性意见，操作性不强。目前我国军用产品有一些结构简单且功能单一的产品无论在内外场故障率都很低，甚至几乎不出现故障；相反的是，一些功能强大且结构复杂的产品内外场故障率均较高。针对这种情况，剪裁现有GJB1032的试验条件势在必行，但如何剪裁依据什么都是摆在

设计人员眼前的难题。在2164A手册中并没有给出一个有据可依的方法，剪裁、依旧需要产品的设计人员和试验人员共同摸索，同时面临着使用方不认可的可能性。

(2) 对于ESS的适用级别，2164A手册明确了可在产品的任何级别上进行；但ESS若在每个级别上都进行，将会产生高额的费用，且延长生产周期，这是ESS要避免的问题。因此，如何选择最

有利于产品的筛选级别是摆在设计人员和试验人员面前的题目。在工程实践中往往希望选择在那些最佳的产品等级上进行ESS，而在2164A手册中并没

有就此给出详细方法。

(3) 在2164A手册中对产品的通风提出了要求，也给出了剖面图，但并没有加以详细解释，产品设计及试验技术人员不易理解，难于将要求贯彻于产品大纲中。

## 5 建议

我国国军标 GJB1032 是1990年参照 MIL-STD-2164制定的。根据MIL-HDBK-2164A的一些新观点和我国电子产品环境应力筛选的实践，有必要对GJB1032进行修订。在修订中有以下建议：

(1) 详细说明ESS的剪裁原则，使剪裁更有依据性和操作性，更容易获得军方认可。比如，可以根据产品类型设置ESS的最高、最低限，根据连续多少台（套）产品ESS无故障进行分类，相应可减少筛选时间或降低筛选强度等。



(2) 对如何选择产品的筛选等级加以详细指导，包括具体选择的步骤和要求等。

(3) 对使用冷却通风的产品剖面及具体要求加以详细说明，为我国目前越来越多使用冷却通风产品的ESS提供依据。

(4) 在产品研制及生产的首次ESS中，将设置温度及振动试验监测传感器作为必要条件加进我国军用标准修订版中，有利于保证筛选的准确性、有效性及产品的质量。

(5) 在ESS中开展虚拟仿真技术研究，由有关产品设计人员和试验技术人员一起组成团队，在产品的研发初期进行应用，并通过不断的闭环来修正

产品设计，最后达到提高产品性能，缩短产品研发周期的目的。

(6) 注重ESS经济性的要求，在军用产品ESS中开展经济性的调查研究，保证ESS为产品带来最大效费比，既节省费用，同时又产生更大的经济效益。

#### 参考文献 (Reference)

- [1] MIL-HDBK-2164A, Environmental stress screening process for electronic equipment[S], 1996
- [2] GJB 1032—1990, 电子产品环境应力筛选方法[S]
- [3] 祝耀昌, 任占勇. 可靠性试验[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994

HVF SOFTWARE