

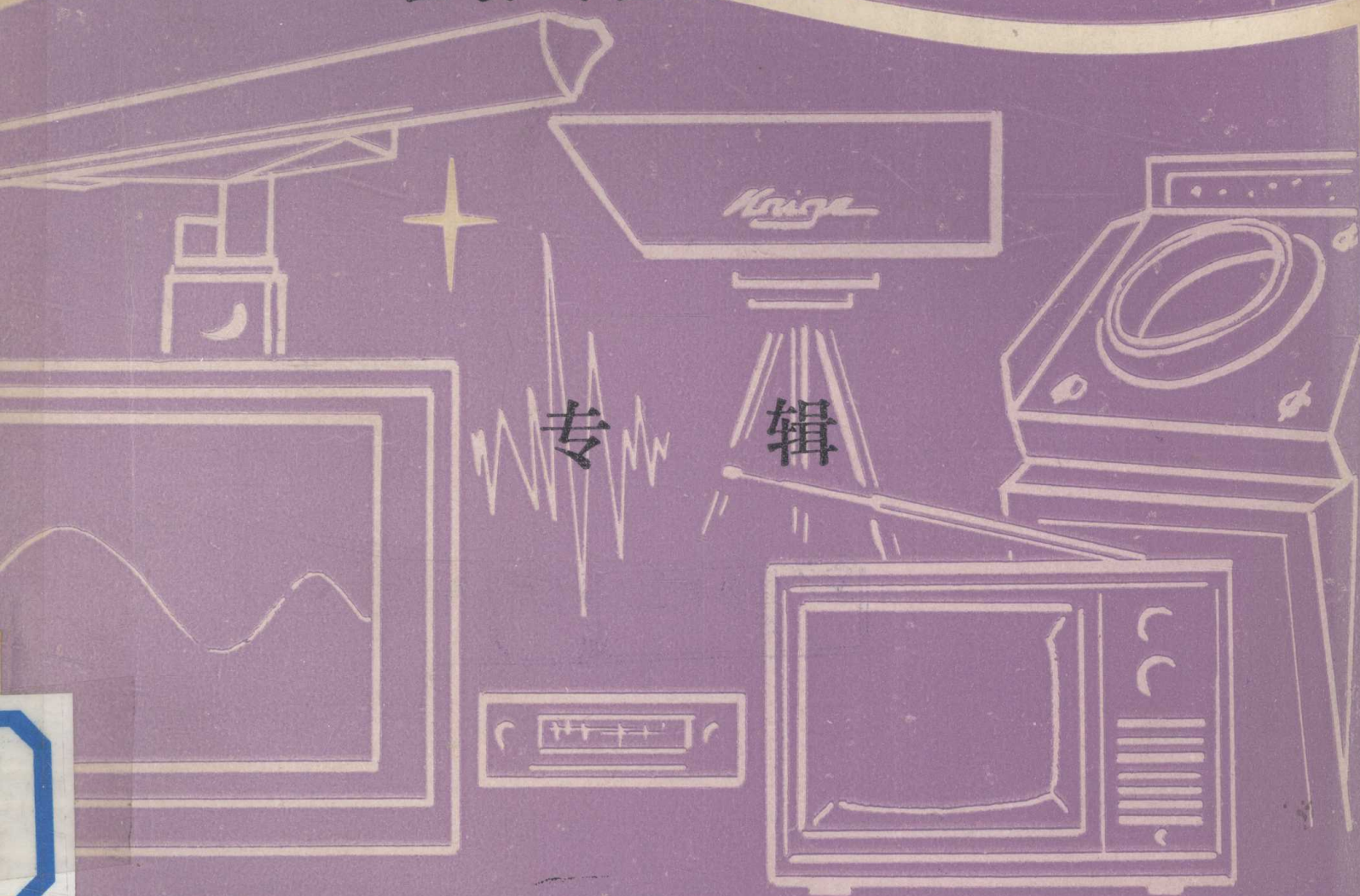
凯歌电子

MIL—STD—781C



可靠性设计鉴定试验及产品

验收试验(指数分布)



上海无线电四厂

1982年5月

内 容 简 介

这份资料是美国关于军用电子设备可靠性方面的一个基础标准。此标准已经作了四次修改，这是根据它的最后一次修改本译出的。与旧的版本相比，新标准修改了抽样方案，并增加了质量监控方案，而且更改了电子设备的综合环境试验条件。这份资料对我国从事电子设备可靠性工作的工程技术人员、大专院校有关的师生有实用参考价值。

RELIABILITY DESIGN QUALIFICATION AND
PRODUCTION ACCEPTANCE TESTS:
EXPONENTIAL DISTRIBUTION
MIL-STD-781C 21 OCT. 1977

※ ※ ※

可靠性与环境试验参考资料(4)

可靠性设计鉴定试验及产品验收试验(指数分布)

※ ※ ※

可靠性与环境试验编辑部出版

上海无线电四厂翻印

编 者 序

MIL-STD-781C 可靠性设计鉴定试验及产品验收试验(指数分布), 是美国关于军用电子产品可靠性方面的一个基础标准。此标准自1963年第一次颁布、执行以来, 经过了四次修改。现在这个译本是根据美国1977年10月经第四次修改后重新颁布的版本译出的。

此标准叙述了在失效前工作时间服从指数分布的设备试产品可靠性鉴定试验以及设备产品可靠性验收试验的要求。其中包括: 试验条件、试验程序、以及具有不同判决标准的各种定时截尾试验与序贯试验方案。

应用此标准所规定的环境条件, 对设备的性能和可靠性进行试验, 并且分析和鉴定所得数据和资料, 可以为使用方与生产方签订合同时, 提供有决定性的根据。

与旧版本相比, 新标准对有关平均无故障工作时间(MTBF)各项要求的定义作了修改。把抽样方案的总试验时间由可以接受的平均无故障工作时间(MTBF)的上限值 θ_0 的倍数, 改为不可接受的平均无故障工作时间(MTBF)的下限值 θ_1 的倍数, 要求MTBF的预计值不低于下限值 θ_1 , 而设备设计的MTBF的预计值应达到上限值 θ_0 。增加了质量监控方案。

此外, 此标准对过去的分等试验条件作了修改。采用按照设备在使用寿命期间所遇到的实际工作环境而制定出的综合环境试验条件(温度、湿度、振动), 分为陆、海、空军用的六类电子设备的综合环境试验条件。

看来, 这些修改是合理的。它使试验参数 θ_1 及 θ_0 的用途更为明确。而且使用此标准时, 先把 θ_1 定为常数, 这样, 应用此标准就更加方便。对综合环境试验条件的修改, 则更为切合实际情况, 使设备的可靠性鉴定和验收试验更为准确。

一般来讲, 认真执行这个标准, 对使用方和生产方的风险率有适当的控制, 从而对双方都有益处。

因此, 我们将它翻译出版, 以供有关单位和有关工程技术人员参阅。

参加这份资料译校工作的有: 曹纪科、男怀祖、裘祖堃、丁以华、许甫、卫兆兴、韩常英等同志。

1980年1月

目 录

编 者 序

MIL-STD-781C 可靠性设计鉴定试验及产品
验收试验 (指数分布)

前 言	1
1. 范 围	2
1.1 范 围	2
1.2 应 用	2
1.3 分 类	3
1.4 与可靠性总体计划的关系	3
2. 引用文件	4
2.1 文 件	4
2.2 其他出版物	4
3. 定 义	5
3.1 总 则	5
4. 一般要求	9
4.1 总 则	9
4.2 可靠性试验的设计	10
4.3 试验条件和等级	10
4.4 选做的非统计可靠性验收试验 (单频逐次施加 的环境条件)	15
4.5 统计试验方案 (附录 C)	15
4.6 用试验的观察数据估计 MTBF	24
5. 详细要求	31
5.1 可靠性鉴定试验前应具备的条件	31
5.2 检查与监督	34
5.3 设备的试验循环	34
5.4 试验设施	34
5.5 试 验	34
5.6 失效处理	36
5.7 合格与否的判定	39
5.8 修理的鉴定	40
5.9 纠正措施	40

5.10 预防性维护	41
5.11 受试设备的复原	41
5.12 试验记录	41
5.13 可靠性试验报告	41
6. 说明与结语	43
6.1 应用目的	43
6.2 订货数据	43
6.3 数据要求	44
附录 A 可靠性计划概述和可靠性试验的作用	45
10. 总 则	45
20. 引用文件	45
30. 可靠性计划的主要内容	45
40. 可靠性计划的具体任务	46
附录 B 可靠性鉴定试验与验收试验的试验条件	52
10. 总 则	52
20. 引用文件	52
30. 定 义	52
40. 战斗任务说明、环境说明与试验条件	52
50. 综合环境试验条件	53
附录 C 统计试验方法	82
10. 总 则	82
20. 试验方案的选择	82
30. 统计试验方案的特性	83
附录 D 可靠性试验程序	132
10. 总 则	132
20. 可靠性试验程序要求	132
30. 试验记录	133
附录 E 试验的检测仪表和设施	135
10. 总 则	135
20. 试验设备和仪口	136
附录 F 数据要求说明	138
10. 总 则	138
20. 数据的安排	139
30. 数据项说明	141

MIL-STD-781C 可靠性

设计鉴定试验及产品验收试验(指数分布)

前 言

1. MIL-STD-781C 是 MIL-STD-781B 的全面修订本，内中增加了大量附录。这些附录是本标准各章节的补充和说明，目的是使采购机构和生产机构在使用本标准时更为方便。

2. 新标准对有关平均无故障工作时间 (MTBF) 各项要求的定义作了修改，这样可使试验方案的参数 θ_1 及 θ_0 的用途更为明确。MTBF 假设值的下限值 θ_1 是最低要求的不可接受的 MTBF。 θ_0 是 MTBF 假设值的上限值，是可以接受的 MTBF。 θ_0 与 θ_1 的比值定义为鉴别比。在所要求的判决风险率已定的情况下，确定了 θ_0 、 θ_1 及 θ_0/θ_1 三个参数中的任何两个，就能决定应使用的试验方案。新的定义使 MTBF 假设值的下限值 θ_1 在选择试验方案时成为常数（因为该值是所要求的 MTBF 的门限），在 MIL-STD-781B 中，最低要求的可接受的 MTBF 随试验方案而异，从而使最低要求的可接受的 MTBF 这一概念失去意义。例如，按照 MIL-STD-781B 所下的定义， θ_0 是 MTBF 的指定值。假设 θ_0 为 400 小时，且试验方案 III 为所需的鉴定试验方案，则 θ_1 将是 200 小时。如采用试验方案 V，则 θ_1 将是 133 小时。如采用试验方案 VI，则 θ_1 为 80 小时。此外，还要求 MTBF 的预计值不低于最低限度可接受的 θ_1 。然而，为了在某一具体试验方案中保证达到接收判决的概率很高，则设备设计的 MTBF 的预计值应达到 θ_0 。

3、MIL-STD-781C的另一个重要的修改是采用按照设备在使用寿命期间所遇到的实际工作环境而制定出的综合环境试验条件(温度、振动与湿度)。如采购机构认为在经济上合格,高度条件也可包括在内。此外,如把高度条件和其他环境条件综合在一起作试验,则其所需费用很可能是不合格的。

4、本标准并不普遍地适用于各种情况,其中每一项要求必须按实际需要加以审核。设置附录的目的是使采购机构得以将附录内容与本标准及设备规范所列的具体章节进行对照,例如,涡轮螺旋桨式飞机及直升飞机设备的综合环境条件(参看附录B 50.5节)等。

1、范围

1.1 范围

本标准叙述了在失效前工作时间服从指数分布的设备就产品可靠性鉴定试验及设备产品可靠性验收试验的要求。这些要求包括、试验条件、试验程序以及具有不同判决标准的各种定时截尾试验与序贯试验方案。

1.2 应用

应用本标准的目的是使采购机构在签订生产合同之前能根据在规定环境条件下所进行的设备性能和可靠性的实际试验与评价得到的信息作出决定。此外,本标准还就产品可靠性验收试验条件的确定提供一些指导。这些试验应经采购机构认可后在下列一个地点和下列一种条件下进行;选择时按排列次序优先选取。

1) 在与承包合同的研制或生产方均无关的政府实验室或独立实验室中进行试验。

2) 在政府监督下,委托总承包商试验分承包商的产品。

3) 在政府的严格监督下, 允许承包商在其自己的实验室里进行这些试验, 其条件是、这种安排已证实对政府最为有利。

此外, 本标准的目的还在于通过一个综合循环和随时间变化的环境试验来评价设备的性能* 与可靠性, 而这种试验从统计角度来看, 时间要足够长而又能模拟实际使用状况。

1.2.1 其他应用

本标准可应用于设备的研制为其唯一要求的试验计划, 在该计划中, 最终研制样机将进行可靠性鉴定。然而, 本标准不适用于可靠性增长试验。本标准也可用于可靠性设计已鉴定合格的单纯生产合同中。

1.3 分 类

本标准适用于按照设备的现场使用来区分的下列六大类设备。

第一类: 地面固定设备;

第二类: 地面移动式车载设备;

第三类: 舰船用设备;

A: 有掩蔽

B: 无掩蔽

第四类: 喷气飞机用设备;

第五类: 涡轮螺旋桨飞机与直升飞机用设备;

第六类: 空中发射武器与机舱外设备。

1.4 与可靠性总体计划的关系:

* 实际上这一工作一般是在可靠性试验开始之前, 通过详细的性能测试以表明产品的基本性能合格之后完成的。在完成这些详细的性能测试之后, 在可靠性试验期间, 就运用所选择的性能试验判据以保证设备具有可接受的性能, 至少, 必须对会导致现场修理的任何失效症状加以监控。

按本标准试验时，试验计划通常应至少包括试制品可靠性鉴定试验和一系列的逐批产品可靠性验收试验（或全数可靠性验收试验）。然而，在这些试验开始之前，一般应按照MIL-STD-785所规定的，经过审定的可靠性计划方案完成几项有关的工作，而且这些工作须得到采购机构的认可。附录A说明了为军事工程采购任务所提出的、包括全面研制在内的可靠性计划的各项常规工作。

2. 引用文件

2.1 文 件

下列文件为本标准的一个组成部分：

MIL-C-45662 校准系统的要求

MIL-STD-167-1 舰船用设备的机械振动（I类——环境激发；II类——内部激发）。

MIL-STD-721 可靠性、维修性、人为因素及安全性术语和定义。

MIL-STD-785 系统和设备的可靠性计划。

MIL-STD-810 环境试验方法。

MIL-STD-1399 舰船用系统的接口标准。

MIL-STD-1543 对空间与导弹系统可靠性计划的要求。

MIL-STD-1670 空中发射武器的环境标准判据与准则。

军用手册：

MIL-HDBK-108 质量管理与可靠性——寿命试验与可靠性试验用抽样程序与表（指数分布）

MIL-HDBK-217 电子设备的可靠性预计。

2.2 其它出版物

下列文件构成本标准的一部分：

AD-A005667 RADC-TR-75-22，RADC非电子装置

可靠性札记修订本(失效数据部分, RADC-TR-69-458第2节)。

GIDEP 政府与工业界数据交换网失效率手册。

3. 定 义

3.1 总 则

凡本标准未加定义的术语均按照MIL-STD-721的定义。

3.1.1 承包商

承包商包括研制或生产军用设备与系统的政府或工业界机构。

3.1.2 判决风险率

3.1.2.1 使用方风险率(β)

使用方风险率(β)系指MTBF的真值等于MTBF假设值的下限值 θ_1 时设备接收的概率。(MTBF的真值低于MTBF假设值的下限值 θ_1 时,设备被接收的概率将低于 β)。

3.1.2.2 生产方风险率(α)

生产方风险率(α)系指MTBF的真值等于MTBF的假设值上限值 θ_0 时设备被拒收的概率。当MTBF的真值大于MTBF的假设值上限值 θ_0 时,设备被拒收的概率将低于 α)。

3.1.2.3 鉴别比(d)

鉴别比是标准试验方案的参数之一,这个比值说明 θ_1 与 θ_0 差别的大小。

$$d = \theta_0 / \theta_1$$

3.1.3 失效

在采购机构批准的设备规范及试验程序中,必须说明有关失效判据的各种细节(包括所需功能及性能参数的上下限)。就试验而言,应采用下述一般定义。

1) 失效系指原先为合格的产品在规定条件下,其一个或

几个功能参数不能保持在规定的上下限之间。

2) 失效也指会引起产品在工作条件下失效的机械、结构部件或元件的破裂、断裂或损坏状态。

3.1.4 失效类型

3.1.4.1 从属失效

系指由于某一相联产品的失效而引起的失效。(有多于个失效同时发生时,其中不一定出现从属失效。)

3.1.4.2 独立失效

系指不是由于受试设备的其余部件、试验设备、仪表或其他试验条件的失效而引起的失效。

3.1.4.3 间歇失效

系指设备暂时停止工作。

3.1.4.4 多至失效

系指同时出现两个或多个独立失效(在故障检测过程中,发现有二个或多个不能证明是相互依赖的失效部件时,即认为出现了多至失效)。

3.1.4.5 典型失效

系指在等同或等效的使用中,由于相同的基本失效机理而引起的同一部件的两个或多个失效。

3.1.5 失效分类

除采购机构断定其为非相关或非责任失效(或两者兼有)外,所有失效均应作为相关失效及责任失效。

3.1.5.1 相关失效

系指在随后的现场使用中预期会出现的所有失效。在计算MTBF的验证值时所有相关失效都应列入。

3.1.5.2 非相关失效

系指并非受试设备本身条件引起的,不属于试验要求且在现场使用中预期不会出现的失效。

3.1.5.3 责任失效

承包商提供的设备在试验中出现的相关的、独立的失效，以及由此引起的任何从属失效都称作一次责任失效。应按责任失效的次数与判决标准进行比较来确定是否符合合同要求。

3.1.5.4 非责任失效

由于政府提供的设备或其他承包商提供的设备的独立失效而引起的并从属于该失效的、承包商提供的设备的失效，称非责任失效。此类失效不能用以确定是否符合合同的要求。

3.1.5.5 设备设计失效

此类失效的原因可直接归因于设备的设计；即设备的设计导致该部件的退化或失效而引起设备故障。例如，由于线路的设计使某一部件承受过应力，或不正确地使用某些部件。

3.1.5.6 设备制造失效

这种失效是由于在试验前的制造、试验或维修期间工艺质量差而引起。它也包括在装配过程中部件可能承受的过应力。

3.1.5.7 零部件设计失效

这类失效包括零部件不恰当的设计直接引起的失效。其范围将涉及零部件的寿命及经受连续温度循环的能力。

3.1.5.8 零部件制造失效

这类失效是由于零部件组装阶段工艺质量差，检验或试验不当而引起。

3.1.5.9 软件误差

当受试设备中包含有计算机时，软件误差会引起设备故障*。

3.1.6 平均无故障工作时间 (MTBF)

3.1.6.1 MTBF的验证值($\bar{u}$)

* 若在试验期间软件误差已得到纠正和验证，则这类误差就不应称作责任失效。

系指在试验条件下 MTBF 真值的可能范围 (MTBF 的观测值及其置信区间)。

3.1.6.2 MTBF 的观测值 ($\hat{\theta}$)

MTBF 的观测值 $\hat{\theta}$ 等于设备总工作时间除以相关失效数。

3.1.6.3 MTBF 假设值的下限值 (θ_1)

MTBF 假设值的下限值 (θ_1) 是不可接受的 MTBF 值。设备 MTBF 的真值接近 θ_1 时, 标准试验方案以高概率拒收设备。(θ_1 相当于没有达到可靠性要求, 有关 θ_1 的规定包括在设备规范第 4 节中)。

3.1.6.4 MTBF 假设值的上限值 (θ_0)

MTBF 假设值的上限值 (θ_0) 是可接受的 MTBF 值。它等于鉴别比乘以 MTBF 假设值的下限值 (θ_1)。当设备的 MTBF 真值接近 θ_0 时, 标准型试验方案将以高概率接收设备。(θ_0 及 θ_1 应在设备规范第 3 节内予以规定)。

3.1.6.5 MTBF 的预期值

MTBF 的预期值 (θ_p) 是按照设备的设计及使用环境, 用可靠性预计方法确定的 MTBF 的值。(θ_p 在数值上应接近 θ_0 , 以保证在可靠性鉴定试验中, 试验方案以高概率接收设备)。

3.1.7 战斗任务说明

战斗任务说明系指对与一项特定任务有关的所有列入计划的主要事件及条件的全面说明。这样, 战斗任务说明就是寿命说明的一个部分 (例如: 导弹的运载阶段或自由飞行阶段)。该任务说明将说明该事件所占的时间过程、预期的环境条件、通电与不通电的周期等等。

3.1.8 工作寿命说明

工作寿命说明系指对设备产品从工厂的最后验收起直到最终报废为止 (例如: 从工厂到射击目标的过程) 有关的事件及条件的全面说明。每一个主要的工作寿命事件诸如运载、冬眠

贮存、试验和检查、待机与准备状态、工作部署、战斗任务以及其交替的可能性等都包括在说明之内。此外，还说明每一事件的时间过程、环境条件、工作模式等等。

3.1.9 采购机构

本标准所用采购机构一词系指与供货机构有业务往来的政府机构或总承包商。

4、一般要求

4.1 总则

可靠性鉴定试验与可靠性验收试验是可靠性计划，（诸如MIL-STD-785或MIL-STD-1543）的组成部分，应按照本标准的规定设计并实施之。所要求的可靠性试验应在试验方案及试验程序所规定的环境条件下进行。适用的可靠性试验类型如下：

4.1.1 试产品可靠性鉴定试验

这项试验的目的是为了验证设备的设计能否在规定的环境条件下满足规定的性能及可靠性要求。试验应在具有代表性的产品上进行，以便提供有记录的试验结果作为判断可否生产的依据。

4.1.2 产品可靠性验收试验（抽样）

这类试验是在连续生产过程中进行的一系列定期性试验，其目的是确定设备能否在规定的环境条件下陆续都能满足规定的性能及可靠性要求。除在合同中另有规定者外，产品的可靠性验收试验一般将自生产合同签订后交付的若一批产品开始在每一生产批上进行。

4.1.3 全数可靠性验收试验

当合同要求自合同签订后交付的第一台设备开始，对每一台设备进行可靠性验收试验时，便应进行这类试验。这类试验

可取代设备的可靠性抽样验收试验。

4.2 可靠性试验的设计

4.2.1 综合的可靠性试验方案

可靠性试验方案应考虑合同所要求的所有其他各项试验以避免试验的重复，并利用其他试验的成果。综合试验设计的概要见附录 A。

4.2.2 可靠性试验方案

为使本标准的要求能付之实施，需要一份全面的可靠性试验方案。该方案应包括对所有可靠性鉴定试验与可靠性验收试验及老练程序的说明。它应反映设备规范及本标准的要求（见 5.1.2 节）。可靠性试验方案应在试验开始前提交采购机构审批。

4.2.3 可靠性试验程序

应为可靠性试验方案所列的各项可靠性试验制订详细的可靠性试验程序。

4.3 试验条件和等级

按照本标准的规定而采用的综合环境试验条件与等级以及其随试验时间而发生的各种变化情况，应能反映受试设备的现场使用环境及战斗任务。

4.3.1 确定试验条件

在试验过程中施加的各项规定的应力，应按下列程序之一（优先程序按所列先后次序）在设备规范中予以规定。本标准的目的是在可靠性试验中引用更现实的环境，优先次序也出于同一考虑。如果受试系统的各部分由于在工作座架上的位置不同而经受不同的环境应力，则在测量振动应力的同时应制订一种综合试验方案提交采购机构审批。在确定振动应力等级时，应考虑机械阻抗效应。关于试验中施加的应力类型或各种相应的应力类型与等级应力类型与等级，应由采购机构在其要求中

依下列次序加以说明。

a、实测应力

试验中施加的应力类型和等级应由采购机构根据所拟设设备的位置、用途（工作座架）及执行典型的战斗任务时所测得的环境应力来确定。

b、估计应力

如不能得到所计划的各种用途的实测应力数据时，则可应用取自相似战斗任务、相似用途以及相似位置的实测环境数据来确定试验中应采用的应力类型及等级。

c、最低应力

在下列三种情况下，试验中施加的应力类型和等级应与附录B的要求一致。

- 1、采购机构没有规定应力类型和等级；
- 2、不能获得关于所计划的用途的实测环境数据；
- 3、不能获得可供估计用的、相似用途的实测环境数据。

4.3.2 综合环境条件和应力

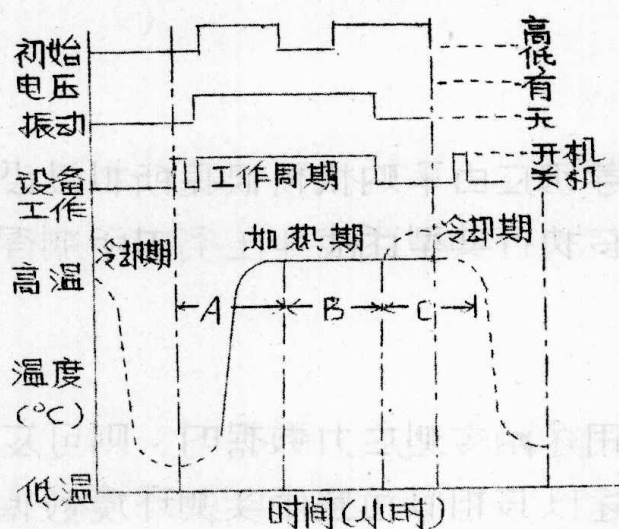
除另有规定者外，应按照与规定工作环境的实测应力数据相适应的等级和转换速率。将表1所列的各种应力综合在同一试验箱内。图1是表示各种环境条件变化时间的典型试验周期图。（图见下页）下列各应力包括了最低限度需要考虑的各种因素。

4.3.2.1 电应力

电应力应包括设备的通、断电循环，按照规定的工作方式和工作循环进行工作的应力以及高于或低于合同规定的标称值的输入电压的变动。

4.3.2.2 振动应力

振动试验的应力等级和变化曲线应按照设备的特定使用目的来规定，其中包括设备现场使用的安装位置和环境类型。在



温度循环……设备关机(如需要,可以工作)

曲线中 —— 设备按工作循环工作

A. 试验箱在高温时达到热平衡所需时间;

B. 设备在高温下工作时间;

C. 选做的热浸及热启动检查。

图1 环境试验周期示例图

验方法 514.2 所规定的减至准则。

4.3.2.3 热应力

热应力的变化曲线是设备在使用中经历的实际热环境的一个逼真的模拟。在确定实际热应力时至少应考虑下列因素: 1) 起始温度(热浸、冷浸)和接通电源(加热)时间; 2) 工作温度(范围、转换速率及转换次数); 3) 每次战斗任务中温度循环次数; 4) 冷却气流(速率及波动)。

4.3.2.4 潮湿应力

温度循环期间的潮湿应力应足以产生象现场使用中可能见到的冷凝和霜冷现象。在试验周期内, 湿度不必保持恒定, 而

确定实际振动应力时应至少预虑下列因素: 1) 振动类型(正弦、复合或随机); 2) 频率范围; 3) 振幅; 4) 振动的施加方式与轴向。这项要求的目的是在受试设备上产生一种在特性、量值、频率范围和持续时间上与现场使用环境及战斗任务所产生的振动响应相似的振动响应。在确立各种试验的振动等级时, 应考虑各种机械阻抗效应(即: 设备的相互影响、夹具、飞机的附件结构及抖动机构等), 因为它们都会影响飞行振动环境效应的实验室模拟。最低限度应采用 MIL-STD-810 的试