

## 可靠度试验技术

### 3.1 可靠度试验规格

无论是在研发阶段或已进入正式生产,关于系统与装备的可靠度只是规定的需求规格(例如可靠度=95%或 MTBF=1000 小时)是不够完全的,在常见的可靠度表示方法中,不管是以成功机率、存活机率、MTBF 或失效率等指标中那一种来定量的表示物品的可靠度,可靠度需求的规格有两种叙述方式:

- (1) 使用者满意的公称值或设计值, 或
- (2) 最小可以接收的数值, 低于此一数值使用者认为此一系统完全

不能接收, 亦即无法在操作环境下使用, 通常此一数值是根据实际操作需求而决定。

不论是使用那一种方式规定可靠度需求, 有两项基本原则必须考虑:

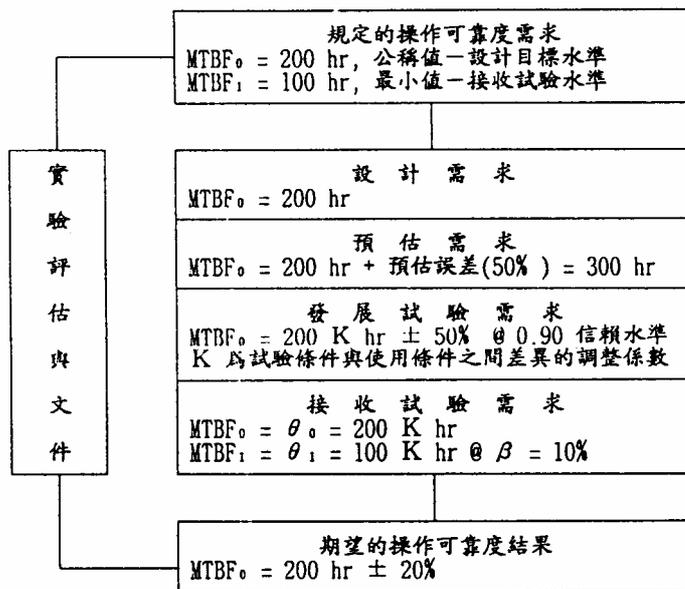
- (1) 当规定以公称值为需求规格时, 通常是规定系统设计时必须超过的下限值:
- (2) 当规定以最小值为需求规格时, 最小值的定义必须很明确。

在美军标准 MIL-STD-781, 公称值称为「MTBF 检定上限」而最小可接收值称为「MTBF 检定下限」。在这两种方式中第一种是最好的表示法, 因为它自动的说明了设计目标必须等于或大于某一最小值。

当可靠度规格确定, 配合研发之进度必须运用各种验证方法证明研发物品的可靠度是否能够满足规定的需求, 当硬品完成后无论是雏型件、原型件或定型件, 试验为有效的验证方法之一, 可靠度验证规格拟订逻辑如图 6-1 所示。当决定以试验做为验证可靠度之方法时, 则同时也应该说明如何运用试验的方法, 因此,

在物品研发或生产规范(或称规格书)、或可靠度试验规范中必须叙述说明的试验规格内容至少必须包括:

- (1) 可靠度需求规格;
  - 成功机率, %;
  - 存活机率, %;
  - 平均失效间隔时间或平均寿命, MTBF;
  - 失效率,  $\lambda$ ;
  - 任务时间。
- (2) 功能测试规格及试验时间。
- (3) 试验环境与应力规格:
  - 任务周期, 工作/不工作, 开/关;
  - 功率, 电压;
  - 温度;
  - 振动;
  - 湿度。



K 之值视试验环境之真确性而定，当试验条件近似预期使用条件时， $K=1$

图 6-1 可靠度验证规格拟订逻辑

除上述各项规格要素外，一般而言，当在规划与执行可靠度试验时，最重要的是应该检核规定的要素是否能够答复下列问题：

(1)系统或装备将如何作试验

.规定的试验条件，诸如：环境条件、试验量测、试验时间长度、装备操作条件、允收/拒收准则、试验报告需求等等。

(2)由谁来执行试验

.研制承约者、采购者、独立的机构。

(3)试验在何时实施

.研发阶段、生产阶段、现场操作使用阶段。

(4)在何处执行试验

.研制单位内、外购件供应单位、或独立的试验室。

### 3.2 失效定义与准则

在可靠度试验规划之初，必须先确定试件清楚的失效定义，作为试验后评估产品可靠度的基础。在试验进行中或试验后，装备全部或其中任何一部分不能按其规定的性能需求正常运作，该试件即视为失效。

失效一般常按下列原则加以分类：

(1)相关失效与非相关失效；

(2)可归责失效与不可归责失效；

(3)致命失效、严重失效、主要失效及次要失效。

#### 3.2.1 相关失效

所有在产品使用服勤时的正常操作情形下所发生的失效均可称为相关失效，此类失效应列入可靠度计算。常见的相关失效包括：

(1)设计缺失与疵病；

(2)工艺不良与制造疵病；

(3)零组件不良；

(4)物理或功能参数劣化至超出规格范围；

- (5) 间歇性或暂时性失效，同一种间歇性或暂时性失效发生多次时，仅记为一次失效；
- (6) 有寿命零件在规定寿命之前发生的失效；
- (7) 确定不属于非相关性之失效；
- (8) 自测失效；
- (9) 软件程序失效；
- (10) 不明原因之失效，失效无法重视或正在追查中，或找不出原因者。

### 3.2.2 非相关失效

非相关失效为异常状况，或在实际服勤中不可能遭遇到的状况下操作所发生之失效，此类失效不可列入可靠度计算。常见的非相关失效例如：

- (1) 不适当安装所造成的损害；
- (2) 意外或不正常搬运所造成的损害；
- (3) 试件以外监测或测试装备仪器故障所造成之失效；
- (4) 由于试验设备之意外或操作错误而引起试验应力超出规格范围状况下所造成之失效；
- (5) 正常的操作调整或换修作业，在装备规范或说明书已明载者；
- (6) 技术人员程序错误等人为误差造成之失效；
- (7) 直接由于系统中其它零件失效所造成的二次失效。

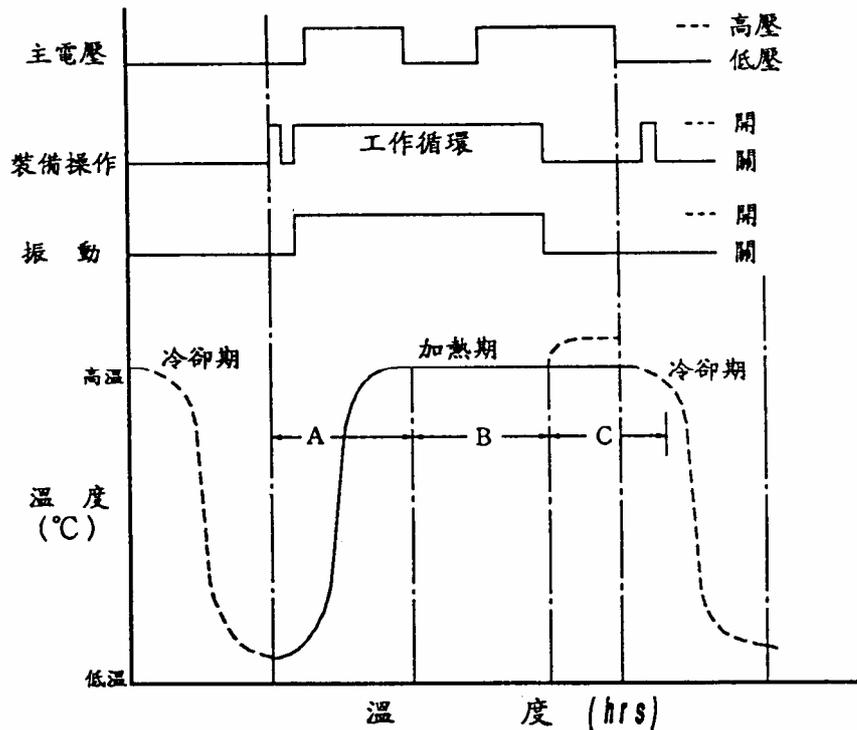
### 3.3 可靠度试验轮廓

**可靠度试验所用之环境条件及应力位准与时间之关系称之为可靠度试验轮廓**，此一试验轮廓系推导自系统实际生命周期或任务轮廓。依据 MIL-STD-781 所拟订之各类可靠度试验，执行试验时所使用试验轮廓应该为复合环境条件，此数据是对待特定的系统、载具(platform)和操作环境等作分析，并经适当的裁适(Tailoring)才能确定而提出。

对系统和装备而言，不论是在研发或生产阶段，在执行诸如可靠度成长试验、可靠度鉴定试验及生产可靠度接收试验等试验时，所使用的可靠度试验轮廓是由电性输入特性、温度、振动、湿度及其它适当之环境或使用条件等应力所组成的，此一轮廓是在硬品进行可靠度试验必须确定的项目。

#### 3.3.1 生命周期轮廓与任务轮廓

可靠度试验所使用的试验轮廓必须以装备之生命周期及任务轮廓定义为依据，经过环境轮廓分析后确定适宜的项目、位准及时间，然后依照硬品的特性及试验设备能力等加以规划拟订可靠度试验的基本轮廓周期，试验时循环的重复此一基本轮廓周期，在试验过程中持续或定期观察试件失效的情形，一般的可靠度试验为量测试件的失效时间。典型的可靠度试验轮廓如图 6-2 所示。



- 装备开机(必要时可开机操作) 适用于温度循环  
 —— 装备按工作循环规定操作 适用于温度循环
- A. 温度柜空气达到高温稳定所需时间  
 B. 装备规定在高温操作时间  
 C. 选择性热浸及热启动检查时间

图 6-2 典型的可靠度试验轮廓

习用的可靠度试验轮廓的基本轮廓周期以 24 小时或其分数为基本单元，按各项应力的特性及其可能效应加以规划安排。由于温度的热传特性、效应、作用时间及试验时试件需达温度稳定的需求，一般试验轮廓的规划以温度与时间的变化关系(亦即温度轮廓)为主，首先考虑物品在四季使用时可能遭受之常温、高温、常温及低温组合，必要时并区别操作温度与储存温度，然后就不同稳定温度下配合物品任务特性，在各种温度下考虑操作(加电)与不操作(不加电)、电性应力(电压、电流)、振动、湿度等环境组合。

若装备之设计仅应用于单一任务或单一型式之重复任务，则试验轮廓与任务、生命周期环境轮廓为一对一的关系，试验条件则模拟任务的实际应力水平。若装备之设计为应用于多种任务与多项环境条件，试验轮廓则以多种任务经组合后而决定，其试验应力水平和时间则依据装备生命周期之不同任务型式百分比而定。

### 3.3.2 可靠度试验环境条件与应力水平

为导出实际的试验条件和水平，应量测装备在实际任务操作的真实环境(尤其是温度及振动二项);若无上述数据可资利用，则可参考相关规范或数据，以订定出试验条件和水平。环境应力水平之取决，应以下述优先次序为之:

#### (1) 量测应力

可靠度试验时所加环境应力型式与水平，应基于实际任务轮廓内、预定的应用情形与场所遭遇之环境应力量测数据。

## (2) 预估应力

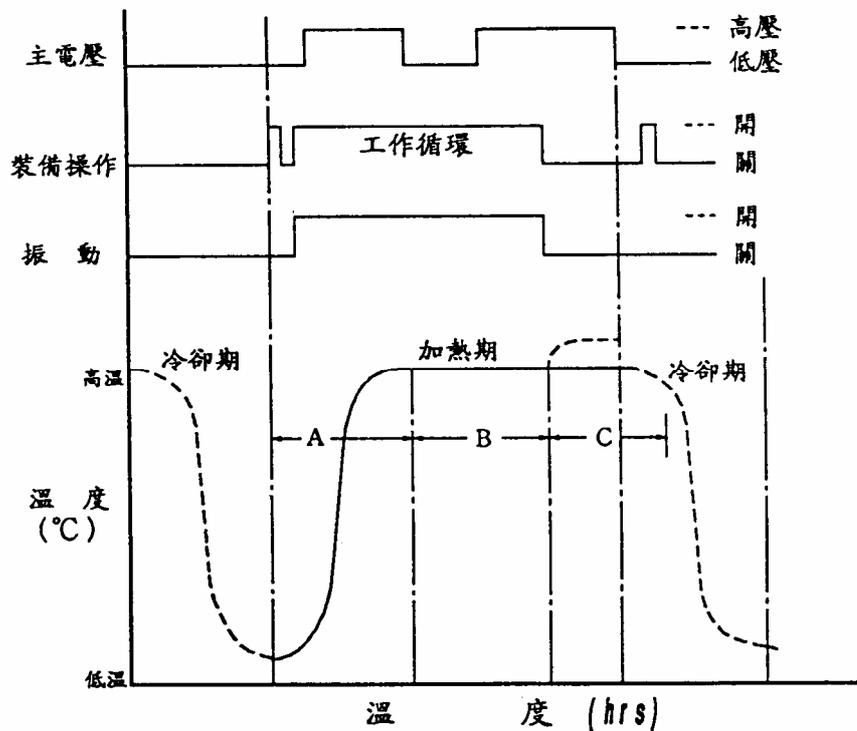
如无法获得环境应力之实际量测值，则可参考任务轮廓、使用情形与场所相类似装备的环境数据，决定试验所加应力型式与水平。

## (3) 规范应力

按照系统或装备之分类及使用特性，参考 **ML-STD-810** 及 **MI-HDBK-781** 等标准、手册数据。

### 3.3.2.1 陆上固定装备可靠度试验复合环境

陆上固定装备通常都是安装于有控制环境之建筑物内，因此不需执行循环温度式的试验轮廓，不过对于户外使用的固定装备，则需考虑循环温度的复合环境条件。由于此种装备在运送到最后的安装地点时必经运输过程，因此在执行各项可靠度试验前应先执行不加电的振动试验。典型的陆上固定装备复合环境试验轮廓，其试验时间为 24 小时或其分数为试验轮廓的基本周期。



## (1) 电性应力和加电时机

装备操作时之电压输入，其时间分配为：正常电压占 50%，最高与最低电压各占 25%；若无特别规定，输入电压范围则为正常电压之  $\pm 7\%$ 。操作循环时间则视装备使用而定，典型的有每天 4、8 或 16 小时，或全天连续操作但做周期性的关机保养。装备的加电循环，其中 90% 为加电，其余不加电的时机则可随机选择调配。

## (2) 振动应力

通常在环境轮廓中的操作阶段并无振动试验之需求。若装备运送至安装地点之过程中无特殊包装，则在执行可靠度试验之前应执行振动试验，此振动试验为单频正弦波，试验水平为 2.2Gpk，频率范围为 20~60Hz 的非共振频率，试验时间为 20 分钟。

若装备有特定的运输形态，则在执行可靠度试验之前应依据运输振动和冲击试验等之环境鉴定试验需求，鉴定其包装设计。

运输振动和冲击试验需求规格可参考 MIL~STD-810 之方法 514.3, 其原则说明如下述条件 a~c:

- a.基本运输:试验程序 I, 识人条件 I-3.2.1。
- b.大件运输:试验程序 III, 识人条件 I-3.2.2。
- c.松装运输:试验程序 II, 识人条件 I-3.2.3。

#### (3)热应力

可靠度试验之热应力以装备规定的操作温度为主, 若无规定, 则可参考下述 a~f 之条件:

- a.冷浸(Cold Soak)不操作温度:全世界通用装备为 $-54^{\circ}\text{C}$ , 台湾地区使用装备则为 $-10^{\circ}\text{C}$ 。
- b.热浸(Hot Soak)不操作温度:全世界通用装备为 $+85^{\circ}\text{C}$ , 台湾地区使用装备则为 $+60^{\circ}\text{C}$ 。
- c.若装备安装于有空调之建筑物内, 则操作温度为 $25^{\circ}\text{C}$ , 计算机装备则应控制在 $20^{\circ}\text{C}$ 。
- d.若装备安装于无空调之建筑物内, 则操作温度为 $40^{\circ}\text{C}$ 。
- e.若装备安装于亚热带或热带之无空调房屋, 则需考虑循环式的温度轮廓, 其操作温度 50%时间执行 $60^{\circ}\text{C}$ , 25%执行 $40^{\circ}\text{C}$ , 25%执行 $20^{\circ}\text{C}$ 。
- f.对于户外使用之固定装备, 其操作温度之拟订原则为:全世界通用装备为 $-40^{\circ}\text{C}$ ~ $+71^{\circ}\text{C}$ , 台湾地区使用装备则为 $-10^{\circ}\text{C}$ ~ $+60^{\circ}\text{C}$ 。

#### (4)湿度

湿度试验除非在合约上有规定, 否则无此需求;详细的湿度环境需求可参考 MIL-STD-210 有关湿度气象需求之指南。

#### 3.3.2.2 陆上机动装备可靠度试验复合环境

机动装备在应用上以军用装备为主, 且以户外使用居多, 一般可分为轮型车辆装备、履带车辆装备、野外帐篷装备及个人携带装备等数种。此类装备之可靠度试验需考虑其复合环境, 各种自然环境条件之水平依其使用地理位置及气候型态而定, MIL-STD-210 及 IEC721 提供了各种地理分区的气候极值, 可作为决定此类环境规格之参考。

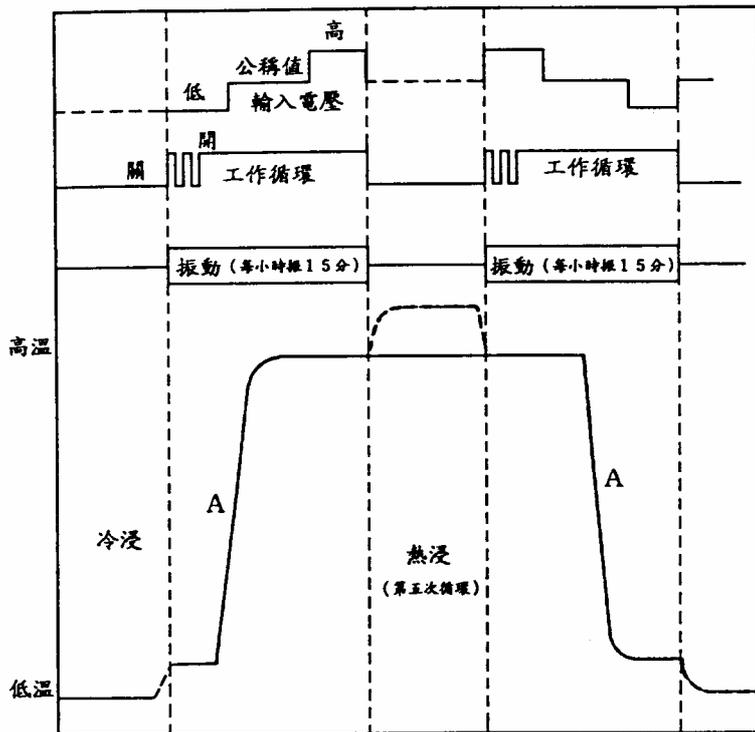
有关振动环境需求, ML-STD-810 提供了有关的指南。装备在移动的载具(包含轮型及履带车辆)或停止行进时操作, 则应考虑循环式试验, 其试验时间为 24 小时或分割成几个时段。

自然环境之气候极值和振动数据均应考虑最大条件;实际试验的环境条件应包含各项预期环境的分布情形, 最大条件之试验水平应只占一小部份。陆上机动装备之可靠度试验轮廓如图 6-3 所示。

#### (1)电性应力和加电时机

装备操作循环中之输入电压, 其时间分配为正常电压占 50%, 最高与最低电压各占 25%;输入之电压范围, 若无特别规定, 请参考下述原则 a~d:

- a.轮型车辆装备:正常电压之 $\pm 10\%$ 或按合约规定;
- b.履带车辆装备:正常电压之 $\pm 10\%$ 或按合约规定;
- c.野战帐篷装备:正常电压之 $\pm 10\%$ 或按合约规定;
- d.个人携带装备:24V 直流电压, 最高电压为 32V, 最低电压为 20V。



A: 除非另有規定，溫度櫃之溫度變化率平均應為 $5^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$   
 - - - - - 不操作  
 ———— 操作

圖6-3 陸上機動裝備之可靠度試驗輪廓

操作試驗循環之時間以任務需求和裝備設計時控制的規格為基礎。加電循環時間的規劃為90%加電，10%不加電，不加電的時機可隨機分配。若裝備設計為連續操作8小時，則操作循環為8小時，但在下次操作前應完全關機，而且此一時間應足夠長到使裝備與周圍空氣溫度達到穩定。

#### (2) 振動應力

除非合約上有規定，否則振動應力需以 MIL-STD-810 試驗方法 514.3 試驗程序 1，試驗條件 I-3.2.10 為指南，一般參考原則如下述 a~d:

##### a. 輪型車輛裝備:

其振動應力正弦掃描振動，頻寬為 $5\sim 200\sim 5\text{Hz}$ ，最長時間為5.5小時，每循環12分鐘，執行三軸向，最大G值為3.5g，最大雙位移為1英吋。

##### b. 履帶車輛裝備:

其振動應力為正弦掃描振動，頻寬為 $5\sim 500\sim 5\text{Hz}$ ，最長時間為3小時，每循環15分鐘，執行三軸向，最大G值為4.2g，最大雙位移為1英吋。

##### c. 野戰帳篷裝備:

考慮野外帳篷裝備都是以輪型車輛載運為主，其振動應力比照輪型車輛裝備，為正弦掃描振動，頻寬為 $5\sim 200\sim 5\text{Hz}$ ，最長時間為5.5小時，每循環12分鐘，執行三軸向，最大G值為3.5g，最大雙位移為1英吋。

##### d. 個人攜帶裝備:

考慮個人在野戰期間搭乘裝甲運輸車輛作部隊集結運動之可能性，個人攜帶裝備之振動應力比照履帶車輛裝備，為正弦掃描振動，頻寬為 $5\sim 500\sim 5\text{Hz}$ ，最

长时间为 3 小时，每循环 15 分钟，执行三轴向，最大 G 值为 4.2g，最大双位移为 1 英寸。若确定此类装备在其生命周期中只有以轮型车辆运输的可能性，则其振动应力应依照轮型车辆装备之需求规划拟订。

若装备操作时，其载具大部份时间为静止状态，则振动仅须加在载其运动之时间。

### (3)热应力

装备须在规定的最大与最小温度下操作，若无规定，则可参考下述 a~c 之条件：

#### a.冷浸温度：

全世界通用装备为-54℃(由正常循环开始)，台湾地区使用装备则为-10℃；

#### b,热浸温度：

全世界通用装备为+85℃(每 5 循环执行一次)’ 台湾地区使用装备则为+60℃；

#### c.操作温度：

全世界通用装备为-40℃~+71℃，台湾地区使用装备则为-10℃~+60℃。

### (4)湿气

若装备在末来服役后的环境，会使湿气水平大到产生凝结和结霜，则需执行试验。试验时湿度不必保持恒定，试验循环时在适当时间应使湿气达到高水平，湿度环境规格之拟订可参考 MIL-STD-210 及 IEC721 之规定。

## 3.4 可靠度试验规划与执行

### 3.4.1 可靠度试验程序与执行方案

在执行可靠度试验之前，必须规划拟订可靠度试验程序及可靠度试验执行方案，规定试验目的、范围、试验规格、试验设备、试验地点、试验程序与步骤等数据，作为试验执行之依据。

### 3.4.2 试验设备

执行可靠度试验所使用的试验设施、试验柜与仪器应能符合可靠度试验轮廓所需的试验条件与规格要求。一般可靠度试验的条件多是复合环境条件，因此其试验设备以提供试验环境条件及执行判定成功与失效所需的仪器设备为主。除此之外，有关执行试验时试验设备与试件系统之布置简图，所需使用试验设备之一般性说明，试验地点之说明、保密需求与安全特征等亦在准备试验设备时应注意之事项。

#### 3.4.2.1 温度试验柜

温度试验柜提供的环境条件应该能够维持规定的试验水平，并且在试验过程中，**试件周围空气与试验柜的强制流动空气温度应该维持在规定的试验温度规格的±2℃范围内。在加热与冷却循环所使用热媒体的温度变化率平均不得小于5℃/分钟。**试验柜与试件的冷却空气温度应该连续或定期地以足够的次数加以监测，以确保试验柜的是在正常的操作状态。设定试验温度循环之范围与时间所使用自动控制程序应该提供中断的方法，直到试验柜温度满足最大与最小的空气度需求条件为止。为防止温度失控情形，应该安装能够同时关闭在试验中的试件与试验柜加热器的保护装置。不过，假如试件是使用强制冷却，则应该维持空气流通，以免在执行试验时造成试件过热的现象。

#### 3.4.2.2 试件冷却

假如试件在正常操作使用时有冷却系统的设计，则在执行试验时试件应该借着它本身设计时所设定之冷却系统加以冷却，当以试件和它的操作冷却系统

一起进行试验有实务上的困难时，朴拟用冷却剂的条件与属性在试验之前必须经过权责单位认可，并且规定在试验相关文件中。不管冷却的方法为何，所有试件应该遭受到符合试验轮廓所指定的任务/环境轮廓条件。有关冷却剂的属性说明如下：

#### (1)外在冷却剂法

当试件的冷却剂，例如管线输送之气体、液体或直接吹气法，与试验柜空气媒体之间只是些微混合或完全无混合时，这种冷却法所使用的冷却剂应该具有下列特性：

- a.为应用于正常操作时所使用的种类；
- b.当试验柜的温度为最高时，冷却剂应该是在最高温度与最小流动率状况(依照试件规格中所规定的冷却剂输入需求条件)；
- c.当试验柜的温度为最低时，冷却剂应该是在最低温度与对大流动率状态。当柜温低于规定的冷却空气温度下限，同时试件是在关机状态时，所供应的冷却空气应该与试件实际安装使用时预期的状况相一致。

#### (2)内在冷却剂法

当以温度柜之空气作为试件的冷却剂时，应该具备下列特

- a.温度应该为经核可的试验程序中所规定的试验温度水平；
- b.当试验柜的温度为最高时，对试件的冷却流动率要最小(依照试件规格中所规定的冷却剂输入需求条件)；
- c.当试验柜的温度为最低时，对试件的冷却流动率要最大。

#### 3.4.2.3 振动试验设备

对于正弦扫描或单频振动时，试验之振动值应为规格值之 $\pm 10\%$ 。随机振动的需求详细如 MIL-STD-810「试验方法 514.2 振动试验」之规定，有关试验控制信号的功率频谱密度公差不得大于下列规定：

+100,  $-30\%$ (+3,  $-1.5\text{dB}$ ), 频率在 500Hz 以下；

+1100,  $-50\%$ ( $\pm 3\text{dB}$ ), 频率在 500 至 2000Hz 之间。

若在 500~2000Hz 之间的累积最大频宽为 100Hz，则其偏离可为+300,  $-75\%$ ( $\pm 6\text{dB}$ )。

振动试验设备每操作 24 小时应该作检视以保持适当操作，并要有自动监视设备以防试验之振动值超过试验规格。

#### 3.4.2.4 试验仪器与设备

除了环境试验柜所需之仪器外，应该依照试验程序之规定准备量测及测试试件性能参数所需要之仪器设备。

#### 3.4.2.5 校正/准确度

环境试验与功能监测所使用之仪器设备应该依照 MIL-STD-45662 之规定，确定使用时是在适当的操作条件。所有执行可靠度试验时所使用的仪器与试验设备，其精准度要比量度变数的容差更高。

#### 3.4.2.6 试验设备运转测试

在执行试验之前，所有的试验设备都应该事先作运转测试，以决定这些设备可以规定的试验需求条件下适当地操作。除非另有规定，测试试验设备是否能够按规定正常操作的测试用试件应该与执行可靠度试验所用的试件不同。

#### 3.4.3 试件安装在试验设备

除非另有规定，执行试验时试件在试验设备中的安装方式应该模拟实际服

勤使用的安装情形，试件周围的空气流动情形也应该模拟预期的操作状况，并且安排必要的连接器与附属仪器设备。在操作时不需要、但在服勤时存在的塞子、封套与检验盖板应该安装于适当的位置。试验时不需要使用、或者在服勤时有正常保护的机械式或电子式连接器与接头应该适当地加盖保护。对于温度是在控制状况下的试验，当安装试件时的试验柜应该是在标准状况。安装后试件应该加以操作测试，以决定是否由于安装或搬运不当所导致大龙或损坏。

#### 3.4.4 性能参数量测

装备应该量测的性能参数以及量测频率应该由项目计划单位(或采购单位)予以规定。当任何一项必需的性能参数不在规定的范围内时，即记录为一次失效。若失效时间无法确定，则假设失效是发生在最后一次记录时的观测时间或者是该参数量测成功的时间。当装备在经过任何一段规定的停机时间之后开始加功率操作时，至少必须有一组的量测记录。

执行试验时应该依照规定项目与频度量测必要的性能参数，下列基本原则应该在试验方案中加以叙述：

##### (1)暂时性失效：

每一项间歇性或暂时性的失效都必须当作相关失效计算，假如有数个间歇性或暂时性失效的原因可以直接确定是因为单一的硬件或软件失常所造成的，而这种失常情形在试验过程时均已经过改正与验证，则只当作一个相关失效计算。

##### (2)失效分类：

所有在执行可靠度试验时发生的失效，在经过承约者执行失效分析后应该加以分类为相关失效或不相关失效。根据失效分析结果，承约者应该判断发生的失效是相关或不相关，并且获得采购者之认可。

##### (3)重复失效：

重复失效的定义为在相同的或类似的应用中，同一个零件所发生的三个或以上的相关失效，而且经过统计分析其失效率的 95% 信赖下限超过预估值。

##### (4)试验组装、检修除错或检修结果验证时发现之失常现象：

在试验组装、检修除错或检修结果验证时所发生的失常现象不应该视为可靠度试验之失效，不过，这些失常现象必须由承约者加以记录与分析以决定失常的原因，并且确定可能的设计或零件缺陷。

#### 3.4.5 试验记录

为对于必要的试验事件所做的扼要叙述性记录，在试验之前应该表列所有应进行试验的试件名称与序号，每一次检验试件时都应该在试验记录中登载，包括日期、时间、累积时间及结果(例如：合格/异常显示/失效或其它)，试验设备或装备的检验亦应在记录簿中登载(例如加速仪、热电偶、输入功率、自测等)。当发生失效或显示异常时，所有相关的数据都应该加以记录，例如试验条件、试验设备状况、试验参数及失效显示情形。

隔离或改正失效所采取的行动也应该记录。不论是工程变更或是装备变更都应该在记录簿上记录。

一般的试验记录包括：

- a. 试验日志与数据记录
- b. 装备失效记录
- c. 失效摘要记录
- d. 失效的标签

## e. 失效报告

### 3.4.5.1 试验日志与数据记录

对在试验中每一装备而言, 试验日志与数据记录是需求试验数据的一个完整的记录, 其格式要参考每一装备的试验记录。在提交采购单位之前完整的试验日志表可以复写, 但不能重复影印。在试验日志与数据记录中要有一项记录, 系试验的装备中每一次加以查验。时间、日期、马表读数。所测的任何参数值皆要加以记录。试验人员应将任何相关的事情记录在备注栏中。

### 3.4.5.2 装备失效记录

对每装备之失效记录应加以记录。对于每一被试验装备的整个试验记录要保存在一单张记录表中, 如当装备试验行为产生很大差异时, 能很容易地辨认。在可靠度试验之前, 必须要作批注以了解特别装备的重要历史。

### 3.4.5.3 失效摘要记录

失效摘要记录要包含在试验样本中达到允收/拒收决策的所有必须的数  
据。所有记录可以直接作, 但在允收/拒收决策之前没有必要处理数据。失效摘要包括对所有在试验中装备的失效区分为「相关的」和「可归责的」。记录中将能表示目前的试验状态, 包括试验总时间的信息、失效, 在试验中所有装备的 MTBF。

### 3.4.5.4 失效的标签

失效的卷标提供相关的记录页与行的数字, 适用于操作表, 失效日志和失效报告的系列数字。空白位置系由有关于在装备修理表与失效报告格式系列数字中之适当记录页与行数字的修理作业, 提供以应用于在修护中所发现任何额外的零件失效。失效的标签可在失效发现时, 立即附在失效的装备上。当失效的装备在修理完成回复到继续试验时, 此标签可由试验操作员移去并送回至修理作业的代表, 他将附有失效报告之完成标签加以归档, 以证实装备的改正作业已确实完成。其它的失效标签可作为可适用的失效报告格式系列数字的参考。失效卷标根据确认的试验程序, 在必要时加以填写。

### 3.4.6 失效报告、分析与改正行动

产品执行可靠度试验时, 若有异常或失效现象发生, 均应予以记录, 并填写失效报告表, 然后采取适当的失效分析, 以期找出失效原因, 并谋求改正对策, 失效问题处理最有效的方法为闭路的「失效报告、分析与改正行动系统」(Failure Report, Analysis, and Corrective Action System, FRACAS), 简称为 FRACAS, 又称「失效报告、分析与改正作业体系」。

失效报告、分析与改正行动体系之主要目的为:

- (1) 确认问题, 作为设计改正之数据, 使设计符合规格要求。
- (2) 作为质量状况之重要数据, 并藉以印证 FMEA 或 FMECA 数据之正确性, 并进一步发掘事先未能发现的失效模式, 俾实行矫正措施。
- (3) 提供可靠度分析所需之参考数据。

基本上, FRACAS 主要是由失效报告、失效原因分析、和改正行动三部份工作项目所构成。所有重要失效应由专业的「失效分析小组」负责分析其发生原因, 然后根据失效分析结果、确定必须采取的改正行动。改正行动又可分为失效件的改正与设计形态改变两种。整个失效报告、分析与改正行动, 应由失效评审会(Failure Review Board, FRB)来处理与管制其作业程序。

### 3.4.7 预防维护

只有在服勤使用时规定的并且条例在认可的试验程序中的装备预防维护程序，才能在进可靠度鉴定试验时实施。除非经过项目计划单位(或采购单位)特别许可，否则装备在进行可靠度鉴定试验或换修时不能够采取任何额外的预防维护作业。

#### 3.4.8 试验时间累积

在试验循环中只有装备「加」功率部份的时间才可以累积为试验时间，而且所有的功能都应该按规定操作。操作循环以外所累积的操作时间不能列入计算，例如在试验时检验组装与验证检修结果的操作时间。同时，操作劣化模式的累积时间也不能列入计算。

#### 3.4.9 失效改正后再试验

对于装备之设计变更可采取下列原则：

(1)试验符合拒收决策之后：

经过采购者认可，装备可以重新设计，并且时间由零开始重新试验。

(2)试验拒收前之主要设计变更：

为了改正主要问题，承约者可以停止试验，设计变更之后由时间为零重新开始作试验。

(3)试验拒收前之次要设计变更：

经过采购者认可，承约者可以暂停试验进行次要设计变更，试验时间由停止时恢复计算，同时所执行的设计变更不能影响已经发生失效的分类。经过采购者认可，试验时亦可以进行由于其它试验结果所做的次要设计变更，这种变更不必视为试件的一次失效。

#### 3.4.10 试验后试件之整修

除非项目计划单位(或采购单位)另有规定，装备在完成可靠度鉴定试验之后应该经过整修并且恢复至可以满意操作的状态。除非项目计划单位(或采购单位)另有指示，失效的组件以及已经劣化但尚未超出规定的公差范围的组件都应该更换。所有整修过的装备在交运之前应该成功的完成接收试验程序。