

KEKAOXINGHEYOUXIAOXINGDINGSHENGCHENGXUSHI

可靠性和有效性 评审程序手册

[美] 童珣洲 等 著

徐维新 廉茂林 译

14

宇航出版社

内 容 简 介

本手册的工程实用性很强,能反映美国八十年代初期的新水平。它提供的方法对评价任何产品(民品和军品)的可靠性、维修性和有效性都是完全适用的。

本手册可供从事产品研究、设计、试验、验收、质量控制与管理、订货与销售各类工程技术与管理人参考使用,既可作为可靠性工程短训班的教材,也可供大专院校师生们学习参考。

可靠性和有效性评审程序手册

[美] 童珣洲 等著

徐维新 廉茂林 译

*

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

空军工程学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13 字数:320 千字

1985年2月第一版 第一次印刷

印数:7000 册 定价:3.00 元

前 言

本书是根据童珣洲博士来华讲学的稿件翻译的。据悉，美国海军部业已批准其承包商在研究、设计和试验时使用该手册。使用本手册，可以较容易地对产品的可靠性、维修性和有效性进行评价；遵循本手册提供的方法，能使其较容易地达到合同要求的指标。但它提供的方法，对评价任何产品的可靠性、维修性和有效性都完全适用。

“除了许多人的无私合作，就得不到真正有价值的东西”（《爱因斯坦文集》第三卷第29页）。本书在翻译出版过程中曾得到苏恩泽、傅佩森、徐炳宏、郭安、周玫、霍对景等同志的大力支持和具体帮助，这次付印前又经我国可靠性工程专家何国伟、王锡吉同志审阅，在此一并致谢。

限于译者水平，缺点和错误难免，敬请读者和同行提出宝贵意见。

译 者

1984年11月于西安

序 言

可靠性理论与技术伴随着科学技术以突飞猛进的速度在发展,已成为一门独立的边缘性、综合性的新兴学科,且在工程实践中被广泛地重视和应用,在提高产品质量、增加经济效益以及占领国内外市场上日益显示其作用。上海广播电视工业公司付总工程师付光民同志,提出的以可靠性为重点的全面质量管理的论点,是通过狠抓可靠性工作,经过五年的奋斗,使上海的民用电子产品质量大幅度的提高,占领了国内市场,取得了明显的经济效益而总结出来的。目前,随着企业整顿和经济改革,各企业事业单位已把可靠性工作纳入计划管理和技术管理中去。当前,我国可靠性工作已从理论研究、普及教育、可靠性设计与试验,开始进入了可靠性管理阶段。为此,各单位开始着手制订一系列的可靠性管理计划和规范(如可靠性设计规范、可靠性试验规范、可靠性评审规范等)。徐维新和廉茂林同志引进了国外有价值的文献资料,编写了本书,正是恰当时机。尽管其中有些要求和术语与我国国情有些差异,但对各单位制订相应的产品可靠性有效性评审程序和手册有相当的实用和借鉴价值。就我所知,目前国内还没有这样系统和全面的文献资料。

可靠性和有效性评审工作在可靠性工程中是相当重要的。在国外一些先进国家的可靠性管理标准中都有明确的要求和规定。如美国的《设备和系统在研制和生产阶段的可靠性计划》(MIL-STD-785B)、《可靠性计划要求》(MIL-STD-470)、《宇航及导弹系统可靠性计划要求》(MIL-STD-1543)、《船用电子设备的可靠性要求》(MIL-R-22732C)等;英国的《可靠性计划管理指南》(BS5760-1979);意大利塞勒尼亚公司的《可靠性工作流程》等,对可靠性和有效性评审都提出了要求。我国正在制订的国家标准《系统设备研制生产中的可靠性程序》和《可靠性与维修性管理准则》,以及电子工业部即将颁发的《雷达设备研制中可靠性监控程序》、电子工业部已下发的《电子设备可靠性工程管理暂行办法》和《新产品可靠性工程和质量控制程序》等文件中也都提出了明确的要求和规定。美国可靠性专家里昂·波多斯基在总结了几十年从事可靠性工作的经验后指出:“产品的可靠性不是通过试验获得的。只有严格注意规范和原材料的每一项要求、生产和检验的每一个环节,才能使产品获得可靠性”(波多斯基四原则之一)。因此,在研制产品的早期,就应该提出一系列具体规范和要求,进而对其实施情况进行检查和评审才能保证产品的可靠性。所以,本书出版发行对我国工业产品可靠性管理工作及提高产品的可靠性将起到深远的作用。

王 锡 吉

1984年11月22日 于西安

术 语 汇 编

精度——一个量的测量值接近其真实值的程度。它决定于系统误差(偏差)和随机误差(方差)。

待命时间——在驻地等待任务的时间。

算法——一个确定的运算程序,根据它能把一个已知的算式或逻辑式计算到底。

分配——根据逻辑关系,将系统的指标和要求分配给系统的各单元。

估计——利用试验数据和/或工作现场数据来估算参数,并对估计结果进行评价。其同义词是估算、评价、评定和测量。

属性——特征或性质。利用它判断给定的要求是否能满足。

有效度——产品在需要工作时就能工作的概率。在本手册中,有效度等于做好工作准备状态的可靠度。

表观有效度——对可修产品来说,它是表观开机时间同表观开机时间与表观停机时间之和的比。当故障未被及时发现时,表观有效度大于工作有效度。

固有有效度 A_i ——硬件固有的特性。用总工作时间与总待命时间之和同总工作时间、总待命时间与总修复性维修时间之和的比表示。

使用有效度 A_o ——实际工作环境下的有效度。既随设备特性而变,也随硬件而变,它用工作时间与待命时间之和同日历时间之比来表示。它反映产品准备好工作状态的概率。

平均有效度 $\bar{A}$ ——在规定的的时间间隔里瞬时有有效度的平均值。

阶段有效度——在使用有效性价值图时,产品在一次任务的任何阶段的有效度。即允许产品是可修的,如果需要工作就能工作的概率。

瞬时有有效度 $A(t)$ ——产品在规定的时刻能工作的概率。

稳态有效度 A ——当时间无限长时,则称平均有效度的极限为稳态有效度。

贝叶斯方程——
$$P(A|B) = P(A) \frac{P(B|A)}{P(B)}$$

其中 $P(A)$ = 先验概率

$P(B)$ = 全部试验数据出现的概率

$A(B|A)$ = 在 A 出现的条件下 B 出现的条件概率

$P(A|B)$ = 后验概率

贝叶斯法——根据贝叶斯方程利用验前数据和试验数据结合起来进行统计推断的方法。

偏差——对一系列测量值系统误差的量度。将测量值的平均值与真实值的差叫做偏差。

部件——在系统结构中,在设备级之下的第一个装配等级。它由零件、装置和机构组成。通常以单元体的形式参加设备级的装配,在设备工作时,它有自己的功能。如变压器、气体发生器和放大器等都是部件。

置信度——根据统计数据判断一个未知参数在规定的区间内取值的概率。

置信区间——表示未知参数依概率分布的区间。当有上下限时，则称该区间是双侧区间；当只规定上限或下限时，则称它是单侧区间。

置信限——置信区间的界限。

恒定故障率CFR——产品的故障率是常数。

累积分布函数CDF——随机变量 X 取值小于等于 x 的概率，即 $F(x) = P(X \leq x)$ 。

割集CUT——某一装配等级上的一组硬件，当它们都发生故障时，其较高一级的硬件就发生故障。

递减故障率DFR——产品的故障率是时间的递减函数。如产品在使用的初期就是这种情形。

密度函数——见概率密度函数。

概率密度函数PDF——在最简单的情况下，它是随机变量 X 的函数 $f(x)$ ，其积分 $\int_a^b f(x)dx$ 表示 X 在 a 和 b 之间取值的概率。对于全部 x 的积分等于1。在复杂的情况下， $f(x)$ 变成了 $f(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n)})$ 。对于全部 n 个 x 的积分等于1。

设计指标——根据设计师的指导思想确定的与产品规定的特性参数有关的均值或目标。

设计要求——与产品的特性参数有关的指标。在提出RMA设计指标时，正确的作法是根据适当的生产方风险率、最小可接收概率和适当的用户风险率综合考虑而提出的。

装配等级——复杂系统硬件的结构层次为

系统

子系统

设备

部件

组件（装置、机构）

零件

单元——系统各装配等级上的硬件之通称。

设备——在子系统之下的第一个装配等级的硬件。

估算——利用试验数据和/或工作现场数据对参数进行估计，并对这些估计值的精度进行评价。其同义词为估计和测量。

评价——包括预测、测量和验证而使用的一个广义的术语。

期望值——即数学期望值或均值，可以用算术平均值来估计。

指数分布——具有概率密度函数 $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ 的概率分布，式中 λ 是故障率等于某个常数。例如，一般复杂系统的故障间隔时间服从指数分布。

指数模型——在可靠性工程中，若产品的两次故障间隔时间 t 服从指数分布，则称它是指数模型或指数型产品。

故障——若产品不能在规定的条件下规定的时间内完成其规定的功能，对可修产品来说，叫做故障；对不可修产品来说，叫做失效。本手册统称为故障。

无关故障——与可靠性计算无关的故障。

有关故障——与可靠性计算有关的故障。它是硬件设计、制造或材料缺陷方面引起的故障。

FBM武器系统——由SSBN潜艇及其附属的战术子系统导弹、火箭、火控、制导、导航、MTRE发射器等组成的系统。

硬件——系统的有形单元。

软件——计算机系统的指令集合，也包括操作和维护手册。这种手册是说明如何操作和维修程序或维修设备的。软件同硬件不同，硬件是执行指令的装置。例如穿孔纸带、磁带、磁芯存储器等。

软件差错——软件编码指令错误或逻辑错误。

软件故障——软件差错在系统运行中的表现。

软件可靠性——软件在一项具体的任务中能在规定的时间内完成规定的任务而不发生故障的概率。

程序块——逻辑单元。它能象软件那样执行任务，现已能象硬件那样进行生产。

危险率 $h(t)$ ——产品在 t 时刻之前是正常的，在 $(t, t + \Delta t)$ 的时间间隔里平均单位时间发生故障的概率。这里 Δt 是无限小的时间增量。危险率，故障率和瞬时故障率三者是同义的。

假设——在统计学中它表示随机变量服从某种分布或具有某一数值的假定。

假设检验——根据统计推断法则，应用试验数据判断接受还是拒绝假设。

递增故障率 IFR——故障率是时间的递增函数。

区间估计——根据试验数据推断未知参数满足一定置信度时的取值范围。

对数正态分布——表示故障时间的对数服从正态分布。

维修性——产品容易进行维修的程度。用平均预防性维修时间、平均修复性维修时间和平均停机时间作为维修性指标。由于本手册中维修性的定义和定义表达式中未用概率表示，因此维修性指标就没有提维修度——在规定的条件下和在规定的时间内完成规定维修任务的概率的概念。

维修——使一个产品由不正常状态恢复到正常状态或使产品保持其正常状态所进行的全部活动。

修复性维修——当产品发生故障时为使其恢复正常状态所进行的全部维修活动。

预防性维修——根据时间表和常规对产品进行的定期维修活动。

最大似然法——用以表示一组故障时间或其它数据的可能函数，并以函数的最大值确定表征该数据统计分布的一个或几个参数的“最佳”估计值的方法。

均值 μ ——随机变量的数学期望。用样本的算术平均值来估计。

平均故障间隔时间 MTBF——可修产品相邻两次故障间隔时间的平均值（或周期、次数等）。

平均故障时间 MTTF——不可修产品故障前工作时间的平均值（或周期、次数等）。如果产品故障时间的概率密度函数为 $f(t)$ ，则 $MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt$ 。若时间单位不是小时而是周期或次数，则公式形式不变。对可修指数型产品来说，MTTF 也表示 MTBF。

平均维修时间 MTTR——完成一产品维修任务所需时间的数学期望。在给定的一段时间

里，常用总的维修时间除以总的维修产品数来估算。

测量——利用产品在试验或工作中的观测数据对产品的性能进行评价，这时估计和估算与测量是同义词。

组件——在系统装配等级中，部件下的第一个装配等级。它具有互换性。

正态分布——统计学中最重要的一种分布，又称高斯分布，或称钟形分布。其密度函数是

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < \infty$$

其均值为 μ ，方差为 σ^2 。一般说来，任何分布的 n 个独立观察值的平均值的分布，随着 n 的增大而接近于正态分布。

正态变量——服从正态分布的随机变量。当随机变量表示许多“小的”独立事件的总效果时，每个“小的”独立事件各具有相互独立的误差，由中心极限定理知，该变量服从正态分布。

工作方式——规定的系统工作方式。按照这种方式工作，系统的各部分可以完成功能（例如，火力支援方式、跟踪方式等）。

工作准备——产品在执行功能前所做的准备工作。

工作准备的可靠性 ORR——本手册中工作准备的可靠性等于有效性。

参数——产品性能的特征量。例如，电压、压力及达到最高压力的时间、速度等。它可以是连续的，也可以是离散的。

百分位点——如果随机变量 X 的取值 x 小于或等于 $p\%$ ，则称 x 为 X 的第 p 个百分位点。

瞬时估算——估算参数的瞬时值。

泊松分布——随机变量 X 所有可能取值为 $0, 1, 2, \dots$ ，而取各值的概率为 $P(X=k) = \lambda^k e^{-\lambda} / k!$ ($k=0, 1, 2, \dots$)，其中 $\lambda > 0$ 是很小的值。

泊松均值——泊松分布的均值为 μ 。在可靠性工程中， $\mu = \lambda t$ 。

后验分布密度——在贝叶斯方法中，根据试验数据（故障时间或修理时间等），借助于贝叶斯方程对先验分布密度 $g(\theta)$ 进行修正所得到的概率密度 $g(\theta|u)$ 。

精度——重复测量值在其平均值附近散布的程度。

预测——根据以前的产品一般数据和/或过去的的数据，用工程分析的方法对新产品的特性进行估计。

先验分布密度——在贝叶斯方法中，它表示一种功能或任何随机变量的一个或几个参数 θ 在某一置信度下的先验概率密度 $g(\theta)$ 。

程序——能完成一种规定功能的自动控制指令的集合。

质量控制——为了使产品符合技术条件和使之在使用中达到满意性能的文件，还包括提供足够置信度的全部必要的活动计划和组织形式。

随机变量——这里是指试验数据。

冗余单元——为完成一个功能而安排了一个以上的单元。这些单元可以是相同的，也可

以是不同的。

工作贮备系统——全部冗余单元同时进行工作的系统。

非工作贮备系统——在工作单元发生故障前，贮备单元不工作；在工作单元发生故障后，贮备单元投入工作，这种系统叫非工作贮备系统。

废品率——经过检验发现产品因有缺陷而报废的百分比。

可靠度 R ——产品在规定的条件下规定的时间内完成规定功能的概率。

可靠性阶段——产品在工作的过程中，不允许发生故障的阶段。如发射阶段，飞行阶段。

更换率——备件消耗率。由于有非故障件的更换，因此一般更换率大于故障率。其倒数为平均两次更换的间隔时间。

用户风险率 β ——经检验将不合格的产品错误地当作合格的而接收的概率。

生产方风险率 α ——经检验将合格的产品错误地当作不合格的而拒收的概率。

技术说明书——对于RMA要求，一个完整的技术说明书包括按设计要求和有关的生产方风险率，以及试验要求（最低可接受的要求）和有关的用户风险率。

A状态——硬件/软件的一种状态。在该状态下，产品是不工作的，但在后一任务阶段里它必须工作。

B状态——硬件/软件的一种状态。在该状态下，产品是不工作的，并且一定不能过早的工作。在后一任务阶段里它必须继续存在，并且是工作的。

C状态——硬件/软件的一种状态。在该状态下产品工作着。用周期或不连续的变量来计量工作的持续时间。

D状态——硬件/软件的一种状态。在该状态下，产品一直在工作着。工作的持续时间用时间单位（例如小时，分）来计量。

子系统——在系统级下面的第一个装配等级。

成功准则——为了使产品能完成其功能，它应达到的最低限度的功能。

系统效能——表示系统能够达到一组特定功能要求的能力。可以用有效性、可靠性和执行能力表示。

系统状态——系统能工作和不能工作的状态。由 n 个单元组成的系统，在一个瞬时共有 2^n 个状态，其中包括全部单元都正常和全部单元都故障的状态。

战术功能——武器系统的主要功能，或为武器系统完成主要任务所必须的功能。

时间——在不加修饰地使用时，它表示日历时间。

行动时间——产品在工作过程中的时间。对于FBM武器系统，是巡逻期。在本手册中它是有效度计算的基础。

预备时间——系统为工作而进行准备的时间。对于在船坞中的FBM系统，它是等待给定任务的时间。

检验时间——修理时间的一部分。在这段时间里，对维修过的产品进行检验。

修复性维修时间——停机时间的一部分。在这段时间里对产品的失常和故障进行排除。它包括从当地仓库拿工具、文件和备件的时间，查明故障部位的时间，如果必要还有对备件进行检验的时间，实施修理的时间，进行必要的调试和标定的时间，还包括必要时通过试验

检验维修质量的时间和收尾时间。它既不包括对系统以外的任何修理时间，也不包括各种延误时间，例如用餐、睡眠、管理者的决定、等待运送备件等等管理方面的延误时间。

停机时间——产品处于不能发挥功能的状态下的总时间。

故障修理时间——修理时间的一部分。在该时间里通过 (a) 原位修理，(b) 拆卸、修理和复装，或者 (c) 拆卸和复装一个耐用的同类单元所需的时间。

故障定位时间——修理时间的一部分。在此期间对故障单元进行查找和分析。

非行动时间——产品的行动时间中不是任务所需要的那部分。在有效性计算中不考虑这部分时间，在任务时间内也不计这一部分。

领器材时间——修理时间的一部分，它是从库房内把器材领出来的时间。对于FBM系统，它是从舰上贮藏室领取器材的时间。

维修时间——实施维修工作的时间。

任务时间——产品完成给定任务的工作时间。

改装时间——为增加或改进产品某一部分的特性而进行的改装或翻修所用的时间。

工作时间——在试验或使用中累积的工作时间。

准备时间——为获得必要的试验设备和维修工具以及安装必要的设备所需要的时间。

反应时间——从接到开机命令的时刻起到为执行任务而开机为止的时间。

开机时间——包括警备时间、准备时间、反应时间或执行任务时间等行动时间。

表观开机时间——由产品被认为是开动的全部行动时间组成。当故障未能立即发现时，表观开机时间可大于开机时间。

开机时间比——开机时间同开机时间加上停机时间之和的比。用它作为稳态有效性的估计值。

变量——用数据表示的产品特性或性能。

变量法——一种数学方法。如果某些变量位于规定的界限之外，用变量法可以使它们等于故障或“错误”。通常假定这些参数服从正态分布。

方差 σ^2 ——它是随机变量对其均值散布的程度。在试验中，它是一系列试验数据随机误差的一种量度。

方差的估计值 $\hat{\sigma}^2$ ——根据试验数据确定的参数方差估计值。例如， $\hat{\sigma}^2_{\bar{X}} = \sigma^2/n$ 是样本容量为 n 的随机变量 X 均值 $\bar{X}$ 的方差估计值。

后验数据——经试验得到的试验数据。在贝叶斯方法中，也可叫做验后数据或试验数据。

先验数据——在贝叶斯方法中是试验前的数据，又叫验前数据。

字首缩写词、缩略词及符号

AO——近似的最佳条件
BICS——布尔视在割集
CDF——累积分布函数
CDR——关键的设计评价
CDRL——合同数据要求一览表
CFR——恒定故障率
DFR——递减故障率
DSARC——防卫系统采购评审委员会
EDM——工程开发模型
FBM——舰上弹道导弹
FLTAC——舰队分析中心
FMECA——故障模式、影响和危险性分析
FSR——故障概况报告
FTA——故障树分析
IFR——递增故障率
ITP——综合试验大纲
ITPP——综合试验大纲计划
LCLS——置信下限的详细说明
MIL—HDBK——军用手册
MIL—STD——军用标准
ML——最大似然法
MLE——最大似然估计值
MTBF——平均故障间隔时间
MTTF——平均故障时间
MTTR——平均维修时间
NAVMAT——海军材料司令部
NAVORD——海军军械系统司令部
NAVSEA——海军海洋系统司令部
NAVWEPS——海军武器局
OD——军械文件
OPEVAL——工作评价
PDF——概率密度函数
PDR——初步设计评审
PERT——计划评审技术
PLS——产品批量抽样

PPM——试验大纲的主体
 PRST——概率的序贯试验法
 PUAD——零件的使用和应用数据
 PDT & E——研究、发展、试验和评价
 RMA——可靠性、维修性和有效性
 RV——随机变量
 SOR——规定的操作要求
 SOW——工作描述
 SRA——系统要求分析
 SSPO——战略系统工程署
 SWS——战略武器系统
 TAAF——试验分析和确定
 TDP——技术开发计划
 TECHEVAL——评审技术
 TOG——技术指标和指导性文件
 TRD——技术条件
 UCLS——置信上限的详细说明

a ——计算置信区间时使用的系数

A ——稳态有效度

A_a ——实际的有效度。它包括预防性维修和修复性维修的有效度。

A_r ——固有有效度。关于修复性维修的有效度。

A_0 ——使用有效度。实际使用中得到的有效度。

A_p ——关于预防性维修的有效度

$A(t)$ ——瞬时有效度

$\bar{A}_T$ ——区间有效度

c, C ——割集。当割集中的全部事件发生故障时，则系统发生故障。

d ——单元可靠性的区间长度。也表示在该区间内观测到的停机时间。

D ——最大绝对偏差，也表示停机时间。

e ——自然对数的底

f ——自由度

$f(\cdot)$ ——概率密度函数

F ——累积分布函数

g ——在 G 中至少出现一个子集的情况

G ——独立的一组子集

$h(t)$ ——危险率函数

i, j, k ——分别表示单元、环境、试验状态的下标

K ——加速试验时使用的加速因子

K ——标准正态偏差
 $K_{R\gamma n f}$ ——关于可靠度为 R 、置信度为 γ 、样本容量为 n 和自由度为 f 的偏差因子
 L ——置信下限的下标
 M ——维修度
 M_r ——修复性维修时间；修理时间。
 $\overline{M}_r$ ——MTTR——平均修复性维修时间
 $\overline{M}_{rG}$ ——几何平均修复性维修时间。
 n ——样本容量；模型中的变量数。
 $n(\cdot)$ ——正态分布密度函数
 N ——试验次数；试验中的样本容量。
 p ——并联系统的下标
 P ——概率
 R ——可靠度
 Q ——不可靠度 $1-R$
 S ——串联系统的下标；试验的成功数。
 S ——安全性；样本标准方差。
 t ——实际的试验时间；学生分布； t 验计量。
 t_i^* ——当 n 个产品进行无更试验换时，第 $(i-1)$ 次和第 i 次故障之间的时间。
 $\sim t_i$ ——第 i 个产品的故障前工作时间
 t_x ——在定数截尾试验中，第 X 个产品故障前的工作时间。
 T ——定时截尾试验时间，也是固定长度或正常长度的周期。
 u ——在一个区间观测的开机时间的上限
 U ——无效性；开机时间；置信上限下标。
 U_i ——故障的无效性；固有无效性。
 U_p ——预防性维修的无效性。
 W ——常态的 W 试验中使用的统计量；两个随机变量之比。
 X ——定数截尾试验的故障数
 $\overline{X}$ ——样本均值
 α ——生产方风险率；试验或操作时间（或周期，次）转换为等效任务时使用的当量系数。
 β ——用户风险率；偏差因子。
 γ ——置信度
 $\gamma(\cdot)$ ——伽玛密度函数
 Γ ——伽玛函数
 $\Gamma(\cdot)$ ——伽玛分布函数
 δ —— δ 函数

Δ ——变量的递增变量
 ε ——限定的可以接受的风险率，误差。
 θ ——平均故障时间
 λ ——故障率
 μ ——正态分布的均值，维修率。
 ν —— $\overline{M}_{eG}$ 的倒数
 π ——3.1416
 Π ——连乘符号
 ρ_{ij} ——第 i 、 j 个变量的相关系数
 $\rho_{i,jk}$ ——当变量 i 不变而 j 和 k 变化时三个变量的相关系数
 σ ——正态分布随机变量的标准方差
 σ^2 ——正态分布随机变量的方差
 τ ——在贝叶斯方法中，假定的或验前时间。
 ϕ ——在贝叶斯方法中，假定的或验前故障数。
 χ^2 —— χ^2 统计量
 $\wedge$ ——统计的瞬时估计值
 $'$ ——表示测量值的撇号
 $*$ ——星号，表示要求的值。
 $-$ ——表示逻辑非
 $\cup$ ——析取符号，表示逻辑或。
 $\cap$ ——合取符号，表示逻辑与。
 $\sim$ ——被分布为
 $\rightarrow$ ——变成

目 录

术语汇编.....	i
字首缩写词和缩略词及符号.....	x
第一章 引言.....	1
§ 1.1 目的.....	1
§ 1.2 范围.....	1
§ 1.3 适用性.....	2
第二章 可靠性和有效性.....	4
§ 2.1 可靠性和有效性的重要性.....	4
§ 2.2 可靠性和有效性的特点.....	4
§ 2.3 RMA要求的规范.....	10
第三章 可靠性和有效性评审计划的建立和管理.....	13
§ 3.1 基本要求.....	13
§ 3.2 RMA 计划的安排和管理要求.....	13
§ 3.3 可靠性和有效性评审计划的要素.....	17
§ 3.4 执行可靠性和有效性计划.....	19
第四章 可靠性和有效性分析.....	21
§ 4.1 任务分析.....	21
§ 4.2 系统分析.....	27
§ 4.3 综合试验计划分析.....	70
第五章 部件可靠性的评价.....	74
§ 5.1 概述.....	74
§ 5.2 故障/维修模型.....	78
§ 5.3 故障模型的选择.....	83
§ 5.4 可靠性的评价方法和图表的应用.....	92
第六章 软件可靠性的评价.....	143
§ 6.1 软件的定义.....	143
§ 6.2 软件故障.....	143
§ 6.3 软件可靠性定量化的定义.....	146

§ 6.4 软件可靠性的预测.....	146
§ 6.5 软件可靠性的测量.....	146
§ 6.6 对软件—硬件系统可靠性评价的说明.....	151
第七章 系统可靠性和有效性的评价.....	153
§ 7.1 系统瞬时可靠性的评价.....	153
§ 7.2 系统可靠性的区间估计.....	161
第八章 可靠性验证.....	175
§ 8.1 引言.....	175
§ 8.2 问题的提出.....	175
§ 8.3 举例.....	177
附录A	177
§ A.1 发射过程分析	177
§ A.2 系统分析	177
附录B	185
§ B.1 粗略计算的方法	185
§ B.2 飞行可靠性的验证	185

第一章 引言

§ 1.1 目的

美国海军战略系统工程署 (SSPO) 要求每一主承包商的产品都必须满足规定的可靠性、维修性和有效性 (RMA) 指标和 RMA 评价的要求。这些要求主要是根据 NAVSEA OD 21549、使用技术指标和方针性文件、武器说明书以及合同中引用的 SSPO 政策提出的。

拟定本手册的主要目的是向 SSPO 承包商们提供一套 RMA 评价方法和技术。这套方法和技术能使承包商较容易地按合同进行 RMA 评价；也使其较容易地达到规定的 RMA 指标。

§ 1.2 范围

本手册的主要内容是承包商在包括方案研究、预先研究、全尺寸研究、生产和布署各个阶段在内的整个计划期间，对战略武器系统和各子系统的可靠性和有效性进行评价。但是，SSPO 的承包商们并非都生产子系统，有一些承包商仅提供某种设备或部件等，而本手册所给出的方法实际上适合对任何一种装配等级的硬件进行评价。因此在本手册中应用“系统”这个术语时，应把它理解为一个承包商所提供的最高装配等级的装置。当在本手册中谈到评价时，在一般情况下它包括定量的评价；但是在有些情况下（如导弹的后勤阶段）它却是定性评价。根据 NAVSEA OD 21549 有关要求，在本手册中提出评价技术管理的要素，如图 1-1 所示。

评价计划的主要目标是：

1. 建立可靠性设计准则
2. 为达到规定的可靠性指标进行定期评价
3. 划分 RMA 问题的范围
4. 提供已满足合同要求的证据

人们已经认识评价以外的许多其它活动，对于一个有效的可靠性和有效性计划也是必要的。这些活动列举在图 1-2 上。

虽然已经认识到图 1-2 所列举的几种活动对于可靠性和维修性设计，以及对于可靠性和维修性问题的确定和改进都具有重要的作用，但是这些活动的详细讨论已经超过了本手册的目的，本手册仅仅在它们对评价活动发生影响时才讨论它们。