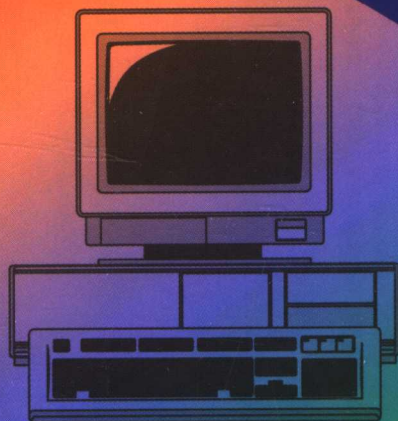


《可靠性设计大全》编撰委员会 编

可靠性设计大全



中国标准出版社



可靠性设计大全

《可靠性设计大全》编撰委员会 编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

可靠性设计大全/《可靠性设计大全》编撰委员会编.
北京:中国标准出版社,2006
ISBN 7-5066-4293-X

I. 可… II. 可… III. 工业设计-可靠性
IV. TB47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 136270 号

中国标准出版社出版发行

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 39.25 字数 1135 千字

2006 年 12 月第一版 2006 年 12 月第一次印刷

*

定价 120.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

编 撰 委 员 会

主 任： 胡 燕 朱明让

副主任： 张宏图 王 静 张蜀平 杨启善 杨秉喜

编委(按姓氏笔画为序)：

王 彦 王龙颜 任立明 吴超英 宋太亮

张云中 申春林 李 莉 杨 芊 林学栋

罗汾阳 罗学刚 徐信燕 顾希如 曾天翔

程荫杭 鲍百容

参加编撰工作的还有下列人员

(按姓氏笔画为序)：

马田庆 付淑云 包成良 关卓民 李旭进

李梦白 杜洪富 杨晓光 庞卓英 姬永芝

徐慧芬 钱 涓 钱继祖 龚天鹏 童晓明

韩卫东 韩洁萍 韩瑞福 穆建成

编者前言

可靠性工程已成为提高产品可靠性与质量、减少产品维修和保障费用的有效工具。可靠性设计是可靠性工程的一个重要分支,是提高产品可靠性的根本途径。我国近 30 多年大力宣传和实施可靠性工程技术,在武器装备、航天航空和电子信息等领域,取得了显著成果,最近“神舟六号”宇宙飞船的成功就是最有力的证明。

同时,我们也注意到我国可靠性工程技术的发展是不平衡的,有的单位对此项工作还有所削弱,除了其他因素外,缺少通俗易懂、便于操作的技术资料,很可能是重要原因之一,为此,为了继续推进我国可靠性工程发展,有效配合军事装备和国民经济重要部门可靠性增长工作,我们在分析研究了 IEC/TC56 可信性标准文件和美国军用手册 MIL-HDBK-338B《电子产品可靠性设计手册》的基础上,参考了我国数 10 年实施可靠性工程经验文献,如 1994 年国防科工委组织撰写的《可靠性维修性保障性丛书》,1997 年张公绪主编的《质量专业工程师手册》的第十五章“可靠性、维修性及产品安全性”,2000 年杨启善主编的《可信性标准应用导引》,2004 年杨秉喜主编的《雷达综合保障技术工程手册》以及 2004 年 11 月中国电子标协主编出版的《电子工业标准化》中的第七篇“可靠性及应用”等,并参考了其他国家的有关可靠性标准和资料,如 1989 年和 1990 年杨启善等 6 人翻译日本的《全面质量管理总览——理论与应用》(上、下册),2005 年 1 月李莉等翻译英国的《实用可靠性工程(第四版)》,编撰出这本具有中国特色的《可靠性设计大全》。

本《大全》由 4 篇共 12 章以及 5 个附录构成,第 1 篇为导引篇,包括第 1~4 章;第 2 篇为理论篇,包括第 5~6 章;第 3 篇为技术篇,包括第 7~10 章;第 4 篇为管理篇,包括第 11~12 章。5 个附录均为重要参考文献。

本《大全》适用于武器装备的研制、生产和使用部门,特别适用于电



子信息、航天、航空、造船、核能、电力及机械等领域的工程技术人员、管理人员,也可供高校教师,研究生参考,还可作为培训教材。

本《大全》的编撰出版是在北京电子学会可靠性与质量管理专业委员会、电子标准老科技工作者协会直接组织和管理下完成的,并得到中国电子技术标准化研究所的有效支持。本《大全》的编撰还得到了总装备部、空军装备部军通部、军用电子元器件合同管理办公室的关心和支持,在此表示衷心的感谢。

由于本《大全》内容和引用资料浩繁,参与编撰的单位和人员众多,加之我们经验和知识有限,一定存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 6 月

目 录

第 1 篇 导 引 篇

1	范围	1
1.1	引言	1
1.2	应用	1
1.3	构成	1
1.4	可信性技术发展概述	1
1.5	可信性工程与管理	4
1.6	可信性工程概述	13
2	引用文件	19
2.1	可信性标准体系	19
2.2	可信性信息	24
3	术语定义和缩略语	39
3.1	引言	39
3.2	定义	39
3.3	缩略语一览表	48
4	总论	56
4.1	引言和背景	56
4.2	系统工程过程	56
4.3	系统效能	59
4.4	影响系统效能的因素	59
4.5	系统效能最优化	61

第 2 篇 理 论 篇

5	可靠性、维修性和可用性理论	63
5.1	引言	63

5.2	可靠性理论	63
5.3	可靠性模型中使用的统计分布	66
5.4	失效模型的建立	80
5.5	可靠性分析中使用的贝叶斯统计法	85
5.6	维修性理论	89
5.7	可用性理论	101
5.8	可靠性与维修性的权衡技术	106

6	可靠性规定、分配、建模和预计	109
6.1	引言	109
6.2	可靠性规定	109
6.3	可靠性分配	113
6.4	可靠性建模和预计	118
6.5	可靠性预计和分配的步骤	143

第3篇 技 术 篇

7	可靠性工程设计准则	145
7.1	引言	145
7.2	元器件管理	145
7.3	降额	162
7.4	可靠电路设计	166
7.5	容错设计	189
7.6	环境设计	211
7.7	人的行为可靠性	228
7.8	故障模式及影响分析(FMEA)	243
7.9	故障树分析(FTA)	256
7.10	潜在电路分析(SCA)	262
7.11	设计评审	269
7.12	测试性设计	276
7.13	系统安全性大纲	288
7.14	有限元分析	293
8	可靠性数据收集和分析以及可靠性验证和增长	296
8.1	引言	296
8.2	失效报告、分析和纠正措施系统(FRACAS)和失效评审委员会(FRB)	296
8.3	可靠性数据分析	300
8.4	可靠性验证	329



8.5	可靠性增长	356
8.6	可靠性增长试验和可靠性验证试验差异要点	369
8.7	加速试验	369
9	软件可靠性	378
9.1	引言	378
9.2	软件问题	380
9.3	软件设计	384
9.4	软件设计和开发过程模型	387
9.5	软件可靠性预计和估计模型	395
9.6	软件可靠性分配	405
9.7	软件测试	409
9.8	软件分析	411
10	系统可靠性工程	416
10.1	引言	416
10.2	系统效能概念	420
10.3	系统可靠性和维修性(R&M)参数	425
10.4	系统可靠性与维修性建模技术	431
10.5	复杂模型	453
10.6	权衡技术	454
10.7	可用性、故障率和修复率的分配	460
10.8	系统可靠性规定、预计和验证	467
10.9	系统设计考虑	471
10.10	费用考虑	472

第4篇 管 理 篇

11	生产和使用(部署)阶段的可靠性和维修性	477
11.1	引言	477
11.2	生产可靠性控制	478
11.3	生产维修性控制	503
11.4	装运和贮存期间的质量与可靠性	503
11.5	使用可靠性和维修性(R&M)的评估和改进	513
12	可靠性和维修性管理	521
12.1	美军采办改革的影响	521
12.2	可靠性大纲管理内容	523

12.3	可靠性规范要求	523
12.4	可靠性大纲要素	528
12.5	可靠性大纲活动阶段	529
12.6	可靠性和维修性策划和预算	533
12.7	综合权衡	534
12.8	其他考虑	536

附录

附录 A	国际、国家可信性标准一览表	548
附录 B	国际电工委员会(IEC)可信性技术委员会(TC56)	566
附录 C	美国军用手册 MIL-HDBK-338B 介绍	575
附录 D	美国军用标准改革概况及其对 RMS 标准的影响	578
附录 E	有关规定值、最低可接受值、 θ_0 、 θ_1 的研究	585

参考文献	616
------	-----

第 1 篇 导 引 篇

1 范围

1.1 引言

本《大全》为采办机构和承制单位提供电子系统可靠性工程和费用分析方面的概念、原理和方法,因为这些内容与军用设备和系统的设计、采办和使用有关。

1.2 应用

本《大全》的目的是供承制单位和采办人员双方在设备和系统寿命周期中的方案设计、确认批准、大规模开发、生产阶段使用。

1.3 构成

本《大全》正文由如下 4 篇构成:

第 1 篇 导引篇

第 2 篇 理论篇

第 3 篇 技术篇

第 4 篇 管理篇

另有 5 个附录。

1.4 可信性技术发展概述

可信性是一个集合名词,可信性工程也是一个集合名词,是可靠性工程、维修性工程、维修保障工程的总称。

1.4.1 发展简史

可靠性工程的发展同军事需要密切相关。

第一阶段:调查研究阶段(1943 年~1957 年)

第二次大战中,由于高可靠电子管的需要,美国开展了高可靠电子管的研究,并逐步向器材方面扩展。

在朝鲜战争时期,美军的军用设备可靠性问题极为严重,电子设备的 50% 在贮存时就出了故障;轰炸机电子设备的平均寿命只有 20h;雷达由于故障维修的不能工作时间达总时间的 84%;潜艇的声纳则为 48%。美军从 1950 年起,由三军、参谋长联席会议、军需局、学会团体等选拔专家组成电子设备可靠性专门工作组,提出三军装备的可靠性问题及对可靠性规划的建议。1952 年,改组为国防部电子设备可靠性顾问团(AGREE),其任务为研究提高电子设备和元器件可靠性的方法和途径。1957 的 7 月,发表了 AGREE 报告,建议建立电子设备及元件的可靠性指标;提出了在研制及生产过程中对电子产品的可靠性指标进行

试验、评定和鉴定的方法;提出了电子产品在生产、包装、贮存、运输等方面需要注意的问题及要求等。AGREE 报告是电子产品可靠性工程发展的里程碑。

在这一阶段中,主要是开展了以电子管为重点的电子元器件现场数据收集与分析的可靠性研究;在可靠性分析与评定中,引入了概率统计方法;研究以振动、冲击为重点的环境试验及寿命试验方法;成立了专门的可靠性组织。AGREE 报告是第一阶段的总结。

第二阶段,标准化及统计试验阶段(1957 年~1962 年)

为了贯彻 AGREE 报告,需要组织落实。军方建立了一套可靠性管理程序,以保证军用设备的可靠性。

电子元器件的可靠性是电子设备可靠性的基础。1958 年 6 月美国成立了元器件可靠性管理标准委员会,制定并公布了各种电子元件(以后又加上器件)的可靠性军用标准,严格控制生产过程的每一个关键环节,使得按军标生产的元(器)件可以保证达到一定的可靠性水平。

电子元器件的实际失效率是电子设备可靠性设计的重要依据。电子元器件可靠性测定试验得到的失效率还必须通过现场失效数据的分析来核对。美军规定三军的电子产品故障数据必须通过数据情报反馈网提供给数据中心。为此,建立了“失效数据中心”(FARADA)及三军数据交换网(IDER)。后来 IDER 扩大为政府与工业界数据交换网(GIDEP),负责统计并公布电子元(器)件的现场失效率。我国于 1980 年 12 月 19 日成立了电子产品可靠性数据交换网。

围绕可靠性的学术活动也在积极开展。1954 年在纽约召开了第一届国际质量控制及可靠性学术年会。后来单独每年组织一次可靠性国际年会,轮流在美国东海岸城市进行。我国由于文化大革命的影响,比先进技术国家开展得晚一些,全国第一次可靠性学术会议是 1978 年在钱学森的指导下召开的。

这一阶段的主要工作是:制定了可靠性管理标准,特别是电子元件可靠性军标;研制环境与可靠性试验设备(例如 AGREE 试验箱等),研究了产品寿命的抽样试验方法,研究可靠性设计技术,建立了可靠性数据收集与交换网。

在这阶段末尾,可靠性研究已逐渐扩展到维修性领域,维修性工程已有从可靠性工程中分离出来的趋势。1962 年在美国召开了第一届国际可靠性及维修性学术会议。

第三阶段,全面质量及可靠性管理阶段(1961 年以后)

20 世纪 60 年代起,对产品的可靠性要求越来越高。因此要求产品在设计一开始就要考虑产品的可靠性问题。

我国第一次可靠性学术会议总结出:“产品的可靠性是设计出来的,生产出来的,管理出来的”。

产品的可靠性是设计出来的,这就是说要把可靠性“设计到”(design-into)产品中去,要把产品可靠性作为产品的一项重要设计指标,分配给产品的各组成成分。根据所分配的可靠性指标进行分析、预计、设计、试验、评定和验证。

但单靠设计还不能保证产品的可靠性。1961 年,美国通用电气公司的费根堡姆提出了“全面质量管理”(TQC, Total Quality Control)的概念。可靠性是质量的一个重要组成部分,要把 TQC 的思想贯穿到可靠性工程中去。生产部门为了保证设计的可靠性指标得以实现,要在元器件、原材料、外购件、工艺、环境、人员培训、检验、生产质量控制等各个方面采用相应的可靠性措施加以保证。在产品投入市场后,还要有一整套的使用培训、维护、修理、备件供应等工作相配合,才能保证产品在使用中的可靠性。因此从产品的立项、开发、生产到使用服务的全过程各个阶段,都要贯彻以可靠性为中心的质量管理,这是第一个“全面”。

由于现代武器装备的复杂性,任何一个部门的一项小环节都有可能导致重大的不可靠事故。例如美国航天飞机挑战者号由于后侧助推火箭密封圈的不可靠导致失事。因此产品的高质量、高可靠性要求企业的各部门共同努力做到,这是第二个“全面”。

只有从企业的最高领导到最基层的工作人员都真正认识到产品质量特别是可靠性的重
要性,上下一心,才能真正有效地提高产品质量及可靠性,这是第三个“全面”。

科学技术的发展使得企业必须建立一个质量及可靠性管理体系,实施全面的质量及可
靠性管理(TQRC, Total Quality and Reliability Control)。在国家及国际范围内成立了有
关质量和可靠性保证组织,1965年国际电工委员会(IEC, International Electromechanical
Commission)成立了TC 56(可靠性技术委员会),制定了一系列国际标准。从20世纪70年
代末起,电子部四所组织专家参照IEC可靠性标准制定国标,引入了先进电子产品的一系
列可靠性标准,对促进我国可靠性工作起了积极作用。

1971年IEC建立了各国相互承认的电子元器件认证机构及制度。1982年起进行IEC
电子元件质量认证(IECQ),中国电子元件质量认证委员会在IECQ中代表中国。

ISO(国际标准化组织)发布的一系列质量管理标准ISO 9000系列,有一套认证制度。
1993年发布的ISO 9000-4/IEC 300-1《质量管理和质量保证标准 第4部分 可信性大纲
管理指南》,及ISO 9000-3《质量管理和质量保证标准 第3部分 ISO 9001在软件开发、
供应和维护中的使用指南》,已经明确把可靠性及软件质量管理列为ISO 9000系列的不可
分割的组成部分,从而ISO 9000的认证理所当然地应包括可靠性及软件质量管理。

这一阶段的可靠性工程在组织管理上取得了巨大的进步。另一方面,在技术上由于不
能只依靠现场数据来分析或评比产品的高可靠性,因此需要探索元器件等的内在本质缺陷,
研究故障产生的物理或化学机理及其规律。在某些情况下,需要深入到分子或原子的水平,
在此基础上进行分析和改进,这就是“故障物理”或“可靠性物理学”,可靠性物理在这一阶段
的发展(包括如表面分析仪、扫描电镜、核磁共振仪等的研制使用)为电子元器件从而为电子
设备和系统的可靠性提高提供了有力的支持。

美军的可靠性标准体系到20世纪70年代后期已基本完整建立。我国军用可靠性标准
化技术委员会从20世纪80年代中期起,将美国军标转化为国军标,并积极组织宣贯,对促
进我军装备的可靠性提高起了积极作用。

1.4.2 从规范化管理到美军标改革

在美国国防部文件《从研制到生产的转移》的序言中,一开始就总结一条重要经验:规范
化管理是美军武器装备取得迅速进展的重要原因。

美军及时总结先进的开发方法制定成美军标,让所有军工产品统一照此办理。怎样进
行武器装备的开发、生产、使用、管理,有军标规定;怎样运用先进的设计技术进行军工产品
的开发设计,有军标规定;怎样进行军工产品的高质量生产,正确的维修使用,有军标规定。
军标又是根据技术发展及成功失败总结的经验教训,几年修订一次。因此军标反映了先进
的管理、设计、生产和使用的技术。任何一个单位依靠本身力量不可能总结得这么完整,何
况一些单位领导还未体会其必要性,用“军标”规定非执行不可的办法,强迫军工产品开发生
产使用按最先进的水平进行,使得军工产品开发水平普遍迅速提高。在冷战时期的军备竞
赛中,军工技术走在前面,因此军标亦成为带动民品提高质量的法规。我国近十几年来正处
于这个阶段。

美军标在近几十年代表着军品所要求的高质量产品的管理、设计、试验程序与方法。但
近年来,由于激烈的民品市场竞争,使美国民品企业积极引入军品研制生产中对民品可借鉴
的管理和设计试验技术,开发出高质量的民品,因此军品的很多管理、设计、试验规范已经成
为民品规范的一部分,甚至民品规范比军品规范还有所发展。

因此,对美国当前情况来说,很多民品设计生产的水平已不低于军品,某些方面还发展
得更快。标准如改为采用民用标准生产水平并不降低,但成本可以降低,周期可以缩短。另
一方面,由于美军采办费用的下降,需要各方面在保证质量条件下节约费用。为此,前国防
部长佩里于1994年6月29日的政策备忘录中提出“军用标准改革”要实现3个主要目标:
节省经费、消除将最佳技术引入武器系统中的障碍、有些过去专门或主要生产军品的公司实
现军民两用。

过去招标及合同中只引用军标有时是不适当的,有时将更先进的民用已成熟的技术拒之门外。因此要建立一个基于(广义)性能的招标过程,不再指定用什么军标来设计,允许承包商采用费效比最好的先进技术来满足(广义)性能规范,把管理与方法型军标改为指导性手册。

美军正在取消不必要的和过时的军标,采用(广义)性能标准,采用可保证质量的民用标准,减少纸面工作。对原多达几万项的美军标大大精减。保持以(广义)性能为基础的标准,保留接口标准,保留试验方法标准(验证性能是否符合要求),转变为手册,相当多不起作用的则撤销。美军这个改革之后的武器系统主要使用(广义)性能标准,以所要的结果来描述需求。性能标准不再要求用什么方法来得到结果。手册将是指导性的,不作为合同要求。

必须指出:美军这一改革的前提是美国不少民用标准已吸取了军标的先进部分,甚至有所发展。在我国达到这种情况还需若干年的时间。目前不是取消国军标的问题,而是继续强化国军标的宣传贯彻,同时积极吸取国外先进技术,丰富与改进我国军标,并把保证产品质量的管理、设计、试验、生产和保障的国军标推广到民品标准中去,走完美军近二三十年走过的道路。

1.5 可信性工程与管理

1.5.1 寿命周期各阶段的可信性工作

从产品开始构思到最终将产品处理不用之间的时间区间叫产品的“寿命周期”(life cycle)。寿命周期从概念与定义阶段到处理阶段分为若干阶段。

描述产品或服务必须符合的需求的文件叫“规范”(specification)。

(1) “概念和定义阶段”(concept and definition phase)

在此阶段中,明确需要什么样的产品,并把其需求确定下来,即产品在本阶段予以定义。在工程项目的定义过程中,应对风险作出充分估计。产品的可信性和寿命周期费用是在这个阶段奠定基础的。本阶段作出的决定对寿命周期费用影响最大。

本阶段的可信性活动中心是提出正确的产品可信性需求及产品未来保障需求,建立可信性大纲的需求。可信性大纲是在后续诸阶段中控制可信性的基础。在考虑降低风险的措施时,要充分考虑到可信性风险,如指标能否达到?如何验证?资源会不会超支?等等。

(2) “设计和开发阶段”(design and development phase)

在此阶段中,在概念和定义阶段确立需求的基础上,形成产品的硬件和软件。硬件要编制详细的生产规范,编制使用、维修指南等其他产品文件。软件要编制规范、使用与维护说明。

这一阶段的可信性活动的中心是把可信性需求设计到产品里面去。本阶段可信性活动的主要目的是:

- 1) 将可信性规范的要求设计到产品中去。
- 2) 进行可信性分析及预计活动以达到产品的可信性。
- 3) 规定可信性的确认、检验及试验程序和判据,在可信性需求基础上予以实施。
- 4) 供方提供的产品是零、组、部件的可信性要与所分配给它们的可信性需求相符。
- 5) 维修保障计划及工程活动要与产品设计同步,以保证符合可信性需求。

(3) “生产阶段”(manufacturing phase)

在此阶段中,生产产品,复制软件及组装产品。本阶段的可信性活动的中心是保持产品的可信性特性,在系统和设备的生产中,可信性大纲要列出生产中应遵循的程序以保证生产产品的可信性不低于规定水平。

本阶段的主要可信性活动是:

- 1) 可靠性和维修性试验。
- 2) 生产试验。
- 3) 可靠性应力筛选。

(4) “安装阶段”(installation phase)

本阶段的可信性活动的中心是不要让产品的可信性特性降低。应提供系统和元器件、零部件的验收检验和试验的程序及指南,来验证与原来的规范和设计的一致性。

本阶段可信性活动主要是:

- 1) 委托试验。
- 2) 验收试验。

(5) “运行和维修阶段”(operation and maintenance phase)

在此阶段中,产品在其使用寿命期内,为规定目的运行,要为用户提供维修及维修保障。本阶段中,要监视产品的特性,采取预防性维修与修复性维修活动。

为了确保在此阶段中产品可持续地达到规定要求的可信性水平,必需提供:

- 1) 操作指南。
- 2) 维修指南。

由于维修费用的增加或其他因素的作用,或者产品在技术上已落后,产品的运行已经不经济时,产品的使用寿命就终止(这种寿命有的资料上叫“经济寿命”)。

(6) “处理阶段”(disposal phase)

在此阶段,产品已到达它的使用寿命(或经济寿命)或它已不再需要,将产品处理、销毁或安全地贮存起来(例如核废料)。

1.5.2 可信性保证大纲

可信性保证大纲(dependability assurance program)简称可信性大纲,是为了保证产品满足规定的可信性要求而制定的一套文件。它包括按进度安排的必要的可信性组织机构及其职责,要实施的工作项目、工作程序、需要的资源等。

可信性大纲包括可信性管理、可信性工程和可信性核查等项目。这些项目应纳入统一的产品设计、试验和生产计划中去,确保必须的进度和管理,密切协调,全面完成。可信性大纲一开始就要与产品的性能、安全性、人机工程、质量保证、进度等工作综合权衡,以达到最佳费效比。

可信性管理首先是组织落实。明确本部门或企业的可信性管理机构的结构形式、职责权限、它的上级领导部门,与其他职能机构之间的关系及协调方法。明确本部门或企业的主要可信性管理机构的负责人。明确可信性管理机构对产品可信性的要求以什么方式通知需要了解及执行的其他机构(技术、管理、工艺、生产等)、人员,如何督促检查;明确其他机构、人员以什么方式向可信性管理机构提供需要的可信性信息。一般情况下,可信性管理机构是质量体系的一部分。制定、监督可信性计划是重要的可信性管理项目。可信性管理还包括可信性信息管理及可信性改进工作。可信性信息包括产品论证、研制、生产和使用阶段中有关可信性数据、资料以及文件等。要建立一个可信性信息闭环系统,并制定信息的收集、传递、反馈、分析、处理等必要的程序和管理要求。订购方应按可信性大纲要求向承制方提供有关的可信性信息;承制方应按信息管理要求或后勤保障信息要求,对研制生产、试验和使用过程中所得到的可信性信息进行收集、传递、反馈、分析、处理和归档。

“可信性改进”(dependability improvement)是向本组织及其顾客提供的在整个组织内采取的为增加可信性的效益,有目的、有计划、有系统地组织起来的一系列提高过程的效益和效率的措施。

“可信性工程”(dependability engineering)是为了达到产品可信性要求而进行的有关设计、试验和生产等一系列工作。其重点是预防、发现和纠正可信性设计以及元器件、材料和生产工艺、操作等方面的缺陷。要重视在研制早期对可信性工程的投资,以免追加费用,延误进度。

可信性核查是为了确定和分配产品的定量要求,以及预计和评定定量的 R. M. S. T. 的一系列 R. M. S. T. 数学工作。可信性核计的主要任务是为研制、使用和后勤保障提供必要的 R. M. S. T. 信息,包括为估计产品效能和用户费用所需要的信息。

对可信性大纲应建立并保持一个评审程序,对可信性大纲的采用的过程、程序和工具的适用性进行系统地、周期性地、独立地评审。包括:

- (1) 可信性大纲及其要素和任务的评审,包括其选择的合理性。
- (2) 阐述大纲及其要素、任务和结果的文件的评审。
- (3) 对可信性大纲的有效性及其取得效果的考虑;是否要作更改的考虑。
- (4) 对可信性大纲的费用-效益评价。可信性改善多少? 寿命周期费用降低多少?

1.5.3 可信性计划

“可信性计划”(dependability plan)是规定与某一特定产品、合同或项目有关的具体的可信性实践、资源和活动程序的文件。它是支配可信性大纲执行的基本管理、计划与控制文件。它应与其他计划一起制定,通过协调汇成一个总计划。在新的项目或新产品、改型产品的策划之初,对可信性计划进行正式评审。

可信性计划应指出可能影响产品可信性的诸项活动,规定实施它的管理责任。应提出用于工作开展和控制的途径及办法,并应保证工作开展的有效性。

可信性计划应包括:

- (1) 选定及描述本可信性计划为之编制的项目的工作或要素。
 - (2) 确定及描述需要保证可信性计划的工作的实施(包括与其他活动的协调)的审核及评审工作。
 - (3) 确定(组织落实)可信性工作的管理、实施及实施验证的部门、机构、人员的职责及相互关系。
 - (4) 描述实施可靠性工作的程序细节、有关的进度、里程碑点及检查点,设计评审,验证及验证准则。
- 注:可靠性、维修性的定量指标对产品的设计、生产是一种动力。但如果不要求验证,就没有压力,定量指标要求就可能落空。
- (5) 确定为及时完成可信性大纲中的规定工作所需的资源,这些资源应是现实的及可以得到的。
 - (6) 确定每一个里程碑点及检查点要交付的产品或文件,确定开发、选用所需文件的组织。
 - (7) 确定一个文件控制及技术状态管理系统(在软件中叫配置管理)。
 - (8) 建立可信性及有关工程间的信息联系交流,以保证按规定传输关联数据。
 - (9) 供方的可信性控制。

注:用户亦应在其可信性计划中采取相配合的措施,以与规定的运行、维修条件相符合。

1.5.4 可信性要求

(1) 可信性使用参数

可靠性维修性保障性测试性(R. M. S. T.)的“使用参数”(operationa parameter)是直接反映使用方(订购方)对产品的使用需求的可信性参数。其要求的量值称为产品的可信性使用指标,用使用可信性值表示。

主要的使用可信性参数有:

1) 平均维修间隔时间(mean time between maintenances),简写为 MTBM。

它是在给定时间内产品的寿命单位总数与该产品的维修事件(计划维修及非计划维修)总数之比。它是与维修方针有关的产品使用维修性的一种度量。

2) 平均需求间隔时间(mean time between demands),简写为 MTBD。

它是与保障资源有关的一种使用保障性参数。其度量方法为:在规定的条件下和规定的时间内,产品寿命单位总数与对产品组成部分需求总次数之比。需求的产品组成部分如车间可换件、现场可换件、武器可换件等。

3) 平均拆卸间隔时间(mean time between removals),简写为 MTBR。

它是在规定的时期内,系统寿命单位总数与从该系统上拆下的产品总次数之比(不包括

为了方便于其他维修活动或改进产品而进行的拆卸)。它是与保障费用要求有关的产品使用保障性参数。

4) 致命性故障间的任务时间(mission time between critical failures),简称为 MTBCF。

它是与任务有关的一种可靠性参数。其度量方法为:在规定的一系列任务剖面中,产品任务总时间与致命故障总数之比,它既是使用可靠性参数,也是合同可靠性参数。

.....

使用可信性包括了产品设计、质量、安装环境、维修策略、维修等的综合影响。

(2) 可信性合同参数

1) 可靠性合同参数

产品在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力叫产品的“可靠性”(reliability)。可靠性的概率度量亦称“可靠度”。上述定义中的“规定的条件”中包括“环境条件”(environmental conditions),即所有内部与外部的条件,如温度、湿度、辐射、磁场、电场、冲击、振动等或其组合,这些条件是自然的、人为的或自身引起的。环境条件影响产品的形态、性能、可靠性或生存力。由于产品的可靠性与环境条件密切相关,因此在提出产品研制任务时,必须确切地、完整地描述产品可能经受的环境条件。

产品是为了完成某些任务而研制、生产的。产品在完成规定任务这段时间内所经历的事件和环境的时序描述叫产品的“任务剖面”(mission profile)。一般情况下,对硬件而言,外界的机械振动和冲击、内部的温升及外部的环境温度(包括温度变化率)是关键性的环境条件。

主要的可靠性参数如下:

a. 平均故障前时间(mean time to fault),简称为 MTTF,即故障前时间的均值。

它是在规定的条件下和规定的时间内,产品总数与故障产品总数之比。它是不修复产品的可靠性的一种基本参数。

b. 平均故障间隔时间(mean time between faults),简称为 MTBF。

它是在规定的条件下和规定的时间内,产品处于规定状态的总数与这段时间内故障总数之比。它是可修复产品的可靠性的一种基本参数。

如果专指致命性故障,则叫“致命性故障间的任务时间”,简称为 MTBCF。

c. 使用寿命

电子产品的大部分及机电产品的一部分的寿命为指数分布,亦有为 Weibull 分布或其他分布。

通常假设,耗损寿命分布的开始阶段近似于正态分布,百分寿命的示意图如图 1.5-1 所示。

2) 维修性参数

使产品保持规定状态或恢复到规定状态所进行的全部活动叫“维修”(maintenance)。为使产品保持规定状态所需采取的措施叫“维护”,也叫“保养”,如润滑、加燃料、

加油和清洁等。“预防性维修”(preventive maintenance)是通过对产品的系统检查、检测和发现故障征兆以防止故障发生,使其保持在规定状态所进行的全部活动。它可以包括:调整、润滑、定期检查和必要的修理等。在产品寿命周期中按预定的安排所进行的预防性维修叫“计划维修”(scheduled maintenance)。“修复性维修”(corrective maintenance)是产品发生故障后,使其恢复到规定状态所进行的全部活动。它可以包括下述一个或全部步骤:故障定位(fault localization,即确定故障大体部位的过程)、故障隔离(fault isolation,即把故障部

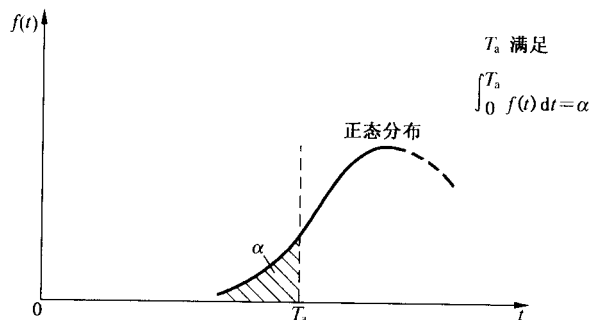


图 1.5-1 百分寿命示意图