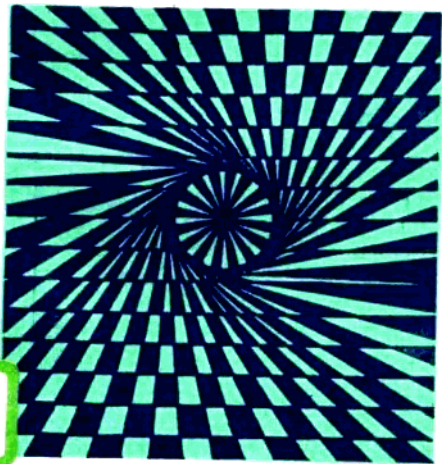


# 质量与可靠性管理

航空航天工业部教育司组织编写



96  
F407.563  
3  
2

管理干部岗位培训系列教材

XA1153/11

# 质量与可靠性管理

(试 用 教 材)

航空航天工业部教育司组织编写

主 编 朱明让



3 0109 6019 7



字: 航 出 版 社  
C 142038

(京)新登字 181 号

## 内 容 简 介

本书是管理干部岗位培训系列教材之一。全书比较系统地介绍了产品保证的主要技术和方法,包括质量管理和质量保证、可靠性保证、维修性保证、安全性保证、软件质量保证、元器件选用控制、人素工程、技术状态管理、技术评审与检查等。充分吸取国内外新近研究成果和有关技术标准的内容,结合大系统工程的特点和工程研制的需要,着重阐述基本观念和基本原理,介绍工程实用的主要专业技术和管理方法。

本书可作为从事大系统工程研制的中层领导干部和管理人员的培训教材,也可供大专院校有关专业的学生参考。

管理干部岗位培训系列教材

**质量与可靠性管理**

(试用教材)

航空航天工业部教育司组织编写

主 编 朱明让

责任编辑 易 新

宇航出版社出版发行

北京和平里滨河路1号(100013)

发行部地址:北京阜成路8号(100830)

各地新华书店经销

北京市仰山印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:7.25 字数:168千字

1993年12月第1版第1次印刷 印数:1—5000册

ISBN7-80034-657-9/G·104 定价:8.00元

顾问 刘纪原 王礼恒 郭国正 栾恩杰 白拜尔

## 管理干部岗位培训系列教材编审委员会

主任 李志黎

副主任 程银海 钱颂迪(常务) 郑济民

委员 (以姓氏笔画为序)

王文超	尹缙瑞	江传涛	安学锋	刘以良
刘尔巽	刘庚材	刘忠孚	朱毅麟	孙 铮
李广禄	李汉铃	李世培	李志黎	李彦昌
李震言	李德林	杨正国	吴宗贤	何业才
张圣铭	张成玉	张振福	张增茂	郑文义
郑济民	林 风	罗鸿根	姜明河	赵之林
赵松龄	赵普镒	姚洪庆	钱颂迪	曹中俄
曹舜民	戚永亮	曾庆来	程银海	

## 管理干部岗位培训系列教材编辑部

主任 李震言

副主任 李德林

成员 (以姓氏笔画为序)

王 劲	王祥龙	安学锋	刘 杭	李震言
李德林	张明立	易 新	修立军	

## 出版说明

90年代,我国航天技术正处于一个新的历史发展时期,面临着航天技术上新台阶、型号产品更新换代、队伍新老交替的形势。为保持航天技术发展势头,加速新一代航天队伍建设,部教育司组织编写、出版一套具有航天特色的管理干部岗位培训系列教材。

系列教材编写的指导思想是:坚持四项基本原则,坚持改革开放,具有航天特色,为航天事业服务。力求系列教材既有系统性、理论性,又突出针对性、实用性和一定的先进性。

系列教材的适用对象是:以企事业单位中层管理干部的上岗、转岗培训和适应性的在岗培训为主,也可供高级管理干部和一般管理干部培训参考或自学。

系列教材强调总体系统性,但也考虑到每本教材教学内容的相对完整性。系列教材采用机关司局、院局基地和院校三结合的编写方法,把总结航天系统35年来的管理经验与吸收国内外先进的管理理论、方法结合起来,以保证系列教材的质量。

本系列教材分为试用教材和参考教材两类,试用教材为推荐的岗位培训教材,参考教材为选用教材。本系列教材系首次组织编写,缺乏经验,希望在今后使用中不断充实、完善和提高。欢迎广大读者提出批评和建议。

管理干部岗位培训系列教材编委会

1991年2月

## 前 言

人们总是在不断提高自己的需求,又总是不断改进自身的工作去努力实现这种需求。日益增长的需求和不断改进的努力,推动着社会的前进、科学技术的发展和经济的繁荣。

产品的大规模化和复杂化,要求产品具有较高的费用效益和较低的研制风险,从而促使产品研制方法和管理方法不断改进。60年代大规模军事系统的出现,改变了以产品加工为中心的管理,代之以系统分析和设计为中心的系统工程管理;对产品质量的保证,也从产品检验和统计质量控制发展为以产品保证为核心的全面质量管理。

产品保证的重点是设计的最佳化,及时地防止工程缺陷和经济地证实工程质量。产品保证工作是通过一系列有计划有组织的活动,用充分权威的管理和专门的技术方法来实施的,从而为研制出高质量产品提供高水平的保证。

本书的主要目的是向读者既全面又简要地介绍产品保证技术。80年代以来,产品保证技术有了很大的发展,日益为人们所关注,对大系统工程的质量有重要作用。产品保证涉及的专业领域颇广,包括可靠性工程和管理、维修性工程和管理、安全性工程和管理、硬件质量保证、软件质量保证、元器件控制、人素工程、技术状态管理、技术评审与审查等多种工程学科。每种工程学科都以它特有的技术和方法为工程设计提供必要的技术支援和管理上的保证。本书在阐述各种专业技术时,侧重从工程角度介绍基本概念、主要原理和方法,并保持

相对完整性,以便各章的内容可作为单独讲座之用。

产品保证技术还处在发展之中,为适应国际交往和改革我国设计管理工作的需要,在本书编写时,注意充分吸取国内外最新研究成果和最佳工程实践,用发展的观点加以论述,以便读者能掌握产品保证技术发展梗概,能联系实际,深刻理解质量与可靠性管理的实质,提高分析能力,提高指导和管理产品保证工作的能力。

本书由朱明让主编。参与各章编写的有朱明让(第一章)、窦忠厚、卿寿松(第二章)、朱美娴(第三章)、周鸣歧(第四章)、刘珍妮(第五章)、余振醒、梁瑞海(第六章)、王伟(第七章)、周广涛(第八章)、徐雷(第九章)、朱明让(第十章)。

本书由胡昌寿主审。在编审过程中,邵德生、廖炯生等同志提出了宝贵修改意见,在本书编写过程中,鲍永忠、王志勤、刘庆声、周炽九、徐理顺等同志提供了部分素材,特此致谢。

由于本书编撰方法是初步尝试,书中不妥之处难免,敬请批评指正。将通过教学实践,在使用中不断完善。

· 编者

1993年4月

# 目 录

<b>第一章 概论</b> .....	(1)
第一节 产品与产品保证 .....	(1)
第二节 可靠性与可靠性管理 .....	(11)
第三节 航天系统可靠性工作的发展 .....	(15)
第四节 质量管理 .....	(19)
<b>第二章 质量管理与质量保证</b> .....	(24)
第一节 质量体系 .....	(24)
第二节 质量文件 .....	(32)
第三节 设计过程的质量控制 .....	(34)
第四节 生产过程的质量控制 .....	(37)
<b>第三章 可靠性保证</b> .....	(45)
第一节 可靠性要求 .....	(45)
第二节 可靠性设计准则 .....	(53)
第三节 可靠性计算 .....	(56)
第四节 可靠性分析 .....	(65)
第五节 可靠性试验 .....	(75)
第六节 可靠性管理 .....	(83)
<b>第四章 维修性保证</b> .....	(90)
第一节 维修性概念 .....	(90)
第二节 维修性工程 .....	(95)
第三节 维修性管理 .....	(102)
<b>第五章 安全性保证</b> .....	(107)
第一节 概述 .....	(107)
第二节 安全性管理 .....	(109)



第三节	安全性设计与分析 .....	(113)
第四节	安全性验证与评价 .....	(118)
第五节	安全性培训 .....	(120)
<b>第六章</b>	<b>元器件质量与可靠性控制 .....</b>	<b>(121)</b>
第一节	概述 .....	(121)
第二节	元器件的选择和采购控制 .....	(126)
第三节	元器件的应用控制 .....	(130)
第四节	元器件的筛选与考核 .....	(133)
第五节	元器件的失效分析 .....	(136)
<b>第七章</b>	<b>软件质量管理 .....</b>	<b>(140)</b>
第一节	软件工程 .....	(140)
第二节	软件质量保证 .....	(149)
第三节	软件可靠性工程 .....	(161)
<b>第八章</b>	<b>人素工程 .....</b>	<b>(166)</b>
第一节	人的可靠性 .....	(166)
第二节	人为差错 .....	(168)
第三节	人的可靠性分析 .....	(170)
第四节	维修中的人为因素 .....	(175)
第五节	人的安全性 .....	(178)
第六节	设计中的人为因素 .....	(180)
<b>第九章</b>	<b>技术状态管理 .....</b>	<b>(183)</b>
第一节	技术状态管理概况 .....	(183)
第二节	技术状态标识 .....	(189)
第三节	技术状态控制 .....	(194)
第四节	技术状态记录与报告 .....	(199)
第五节	技术状态审核 .....	(201)
<b>第十章</b>	<b>技术评审与检查 .....</b>	<b>(204)</b>
第一节	设计评审 .....	(204)
第二节	工艺评审 .....	(210)
第三节	产品质量评审 .....	(213)
第四节	试验准备状态检查 .....	(215)



# 第一章 概 论

## 第一节 产品与产品保证

### 一、航天产品的特点

任何产品都能向用户提供某种功能或服务,不同的产品可以满足不同用户的不同需求。航天产品(包括导弹、运载火箭、应用卫星、飞船、空间站、航天飞机等等)是为国防建设、国民经济建设和空间科学研究服务的一种特殊产品,对一个国家的政治、军事、经济和技术的发展具有重大影响。

航天产品往往是一个大规模复杂系统,有数万个元器件、零部件,几十万个焊点、接头,涉及数百种专业、几千个厂家,研制周期长,研制费用高,要求较低的研制风险、极高的使用可靠性。

航天产品又是高科技产品,大量采用各种新技术、新材料、新工艺,产品在使用中要经历一系列恶劣的发射环境和空间环境,剧烈的振动、冲击、噪声、离心加速度、温度的急剧变化、电磁脉冲、高能粒子流等环境因素对产品运行的可靠性有严重影响,研制过程中需要探索的未知领域较多,这些都给降低研制风险和保证系统的可靠性带来诸多困难。

航天产品研制要经历研究、设计、试制、试验的反复迭代

过程,通过对各层次产品各方面要求的综合权衡,优化设计方案和系统参数,把需求设计到产品中去,再通过必要的试验去暴露和纠正设计缺陷,使产品的可靠性得到增长,以达到规定的要求。

大规模复杂系统研制与产品的大规模重复生产所采用的设计方法、试验方法和管理方法不同,保证质量与可靠性所使用的技术和管理方法也不完全一样,必须从航天产品特点出发,认真总结自己实践的丰富经验,虚心学习和引进国际上广泛采用的先进的产品保证技术,探索一套符合国情行之有效的科学方法。这是航天管理者义不容辞的责任。

## 二、产品质量特性

产品要具有适用性和适应性,就要满足一系列要求,这些要求的特性总和就是产品的质量。产品质量特性如图 1-1 所示,主要包括:

1)功能、性能要求。指产品必须完成的任务或必须提供的服务。如电视机必须有图像和声音,电冰箱必须具有一定的冷藏、冷冻空间。

2)可靠性要求。产品在服役期间保持它的功能、性能,而不出故障的一种能力,是对完成任务有效性的一种度量。

3)维修性要求。产品出故障后能尽快恢复到正常状态的一种能力,是对产品中断完成任务的一种限制。

4)安全性要求。对产品在使用中可能造成人身伤亡或设备损坏的严重事故出现概率的限制。

5)可生产性要求。对产品的加工、装配、检查、测试、包装等各种生产活动和生产设施的要求应尽可能简单、易行,能保证生产出各种变异量小、废品率低、一致性好的产品。

6)可测试性要求。产品测试方法、测试工具和设施要简单,同时对产品在使用中的各种功能、性能或运行状态的测试

覆盖率要高,一旦产品出现故障或异常现象时,要具有及时准确的监测能力,对危及安全的一些事故能及时准确报警。

7)保障性要求。设计过程要考虑综合后勤保障、规划资源要求和配置,以尽可能提高保证能力,降低后勤保障费用。

8)经济性要求。研制费用、生产成本、包装运输费用、安装费用、使用费用、维护费用以及退役处理费用的总和,即寿命周期费用要低。

9)时间要求。研制、生产周期短,使用寿命或贮存寿命长,经久耐用。

10)环境要求。产品在整个使用过程中,对可能经历的一切自然环境、力学环境、电磁环境和特殊环境不敏感,对最不利的条件组合也能保持正常的功能,完成规定的任务。

产品的质量特性靠设计确立、制造保证,通过试验加以验证并在使用中表现出来。要保证产品具有所要求的质量特性,就必须对产品使用过程中的各种要求进行全面分析、详细描述,制订出反映实际需要而明确具体的设计要求。

设计要求取决于产品寿命周期要完成的任务和经历的各种使用条件。必须在任务分析的基础上制订详细完整的任务剖面,对不同任务阶段所经历的所有事件、环境和持续时间加以具体描述,对什么是不期望的事件或状态给出明确的判据,针对各任务阶段系统所完成任务的特点,选择合适的参数,规定相应的定量和定性要求。

把使用要求转化为设计要求,再转化为制造要求,确立产品的固有质量特性,是研制工作的主要任务。通过设计确立的固有质量特性实际上是代用特性,又称为制造规格。对使用要求必须全面考虑,必须采取相应的技术措施和管理措施,保证把各方面要求都综合到设计中去。产品研制、生产和使用过程就是定义要求、转化要求、保证要求实现和测定要求达到状况

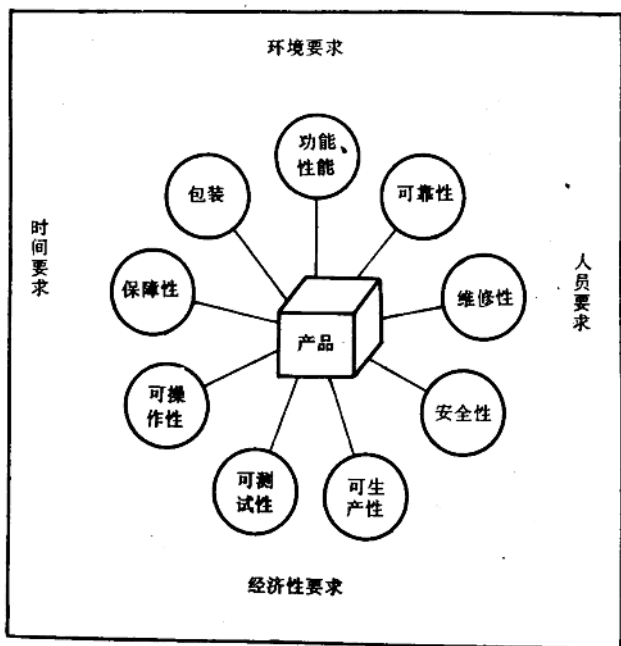


图 1-1 产品质量特性要素

的过程。

限于人们对未来真实使用要求的认识与估计的不准确性和现实技术水平与资源的限制,对真实使用要求的定义和转化为设计制造、检验要求的整个过程就可能因考虑不周产生缺陷,造成代用质量特性与真实要求的质量特性之间的差异,影响产品的适用性。而制造过程质量控制不严,又将使产品达到的固有质量特性与设计确定的代用质量特性的差异,即不符合性。产品质量既包括适用性又包括符合性。

### 三、产品寿命周期

产品从决定研制直到退役或报废为止的整个周期称为产品寿命周期,包含研制、生产和使用三个过程,可划分为六个阶段。

**可行性论证阶段:**从批准立项到构思和定义产品的初步设想,分析可行性,确定产品功能、使用参数、费用和进度。这是一个分析、综合、权衡研究的反复迭代过程。确立产品的功能基线,作为产品方案论证的依据。

**方案论证阶段:**通过分析、比较、试验,优化产品方案,把产品要求落实到各个部分,确立分配基线或研制基线,作为产品各部分研制的依据。

**工程研制阶段:**全面开展产品研制,通过产品设计、制造和试验,确立产品各部分性能和可靠性达到预期要求的程度,形成图纸和文件,确立初步产品基线。

**定型阶段:**对产品性能、可靠性、可操作性、可生产性等进行全面鉴定、试验和评价,最终确定可供批生产使用的产品设计文件和工艺文件。最终确立产品基线,研制阶段即告结束。

**批生产阶段:**重复进行批量生产,供装备部队之用。对使用方来说也是采购和装备阶段。

**使用与保障阶段:**从开始装备部署直到退役。这一阶段要能很快形成战斗力,维持作战效能和适用性,直至退役。

产品质量是伴随产品形成而形成的,要保证产品质量必须从头抓起,控制好产品形成和使用的全过程。

### 四、产品的费用效能

产品要价廉物美,即具有较高的费用效能,这是产品研制和生产的重要目标。产品的效能包括可用性、可信性、能力三个方面。产品费用包括研制费用、生产费用和使用维护费用三部分,又称全寿命周期费用(LCC)。产品效益是效能与费用之

比,效益模型如图 1-2 所示。

产品效能可表示为

$$E=ADC$$

式中 A——可用性,系统在任意需要时刻可投入使用的概率,也即任务开始时,产品处于可工作状态的概率;

D——可信性,产品在执行任务过程中不出故障和出故障后能在允许时间内恢复到可工作状态而不影响任务执行的概率;

C——能力,在任务结束时,产品完成规定任务的满意程度。

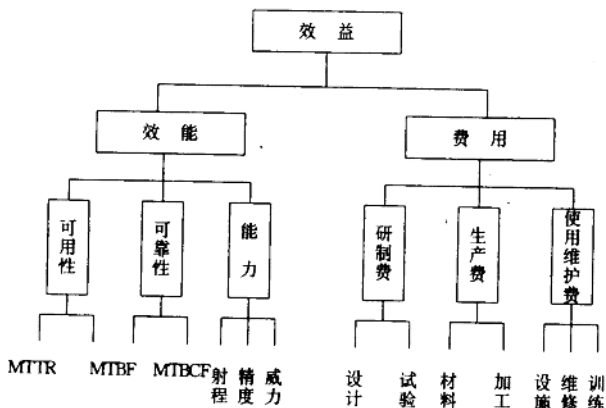


图1-2 效益模型

研制一项产品不仅是为了实现一种功能,而且要在使用开始时可用,在任务过程中可靠,才能保证完成规定的任务,才是有效的。同时还得考虑节省费用,提高费用的效益。



美国国防部把全面质量管理能带来的好处归结为不断提高质量( $Q \uparrow$ ), 不断降低成本( $C \downarrow$ )和不断缩短研制周期( $\leftarrow T$ ), 并用图 1-3 形象地描述了这种效益。实施质量与可靠性管理的根本目的就是提高产品的费用效益, 做到价廉物美、多快好省。

### 五、可靠性与寿命周期费用

提高产品的可靠性往往要增加研制费用和生产成本, 但由于产品可靠性提高了, 可大大降低使用维护费用。可靠性不是愈高愈好, 应从满足使用要求和整个寿命周期费用最低的观点来合理确定。可靠性与费用的关系如图 1-4 所示。

在设计阶段所需费用较少, 但对产品固有可靠性水平和寿命周期费用的影响极大。从图 1-5 和图 1-6 可以看出早期投资的意义。用于提高可靠性的费用要早花, 才能少花, 才能取得高效益, 在安排研制工作时必须注意到这一点。

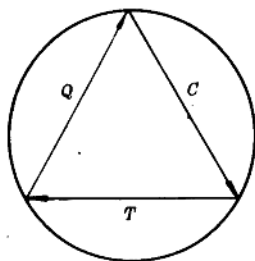


图 1-3 T, Q, C 的目的

### 六、产品保证技术

要保证产品研制成功并具有要求的各种特性, 不仅要靠设计技术和制造技术, 而且要靠产品保证技术。产品保证技术包括质量控制技术、软件质量保证技术、安全性、可靠性、维修