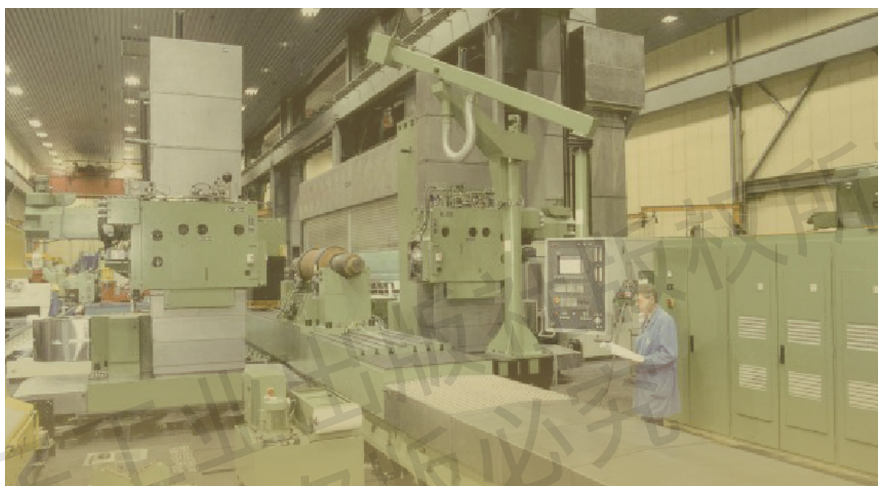


# 第一章

# 可靠性概述



第一节 可靠性的定义及指标

第二节 可靠性的发展

第三节 可靠性的特点

第四节 可靠性与质量管理

“可靠性”这个词的应用已经有很长的历史了，但过去对其含义的理解往往是顾名思义而已。随着科学技术的发展，可靠性已成为一门专门的学科，并不断地得到发展，其含义已有了特定的严格定义，包含的内容也不断丰富。本章将对可靠性的内容进行全面详细地介绍。



## 第一节 可靠性的定义及指标

伴随着工业技术的日益发展,可靠性逐渐成为产品竞争中的一个重要指标。



### 一、可靠性的定义

所谓可靠性是指产品在规定的条件下,在规定的时间内,能够完成规定的功能的能力。

(1)产品是指可以单独研究、分别试验的任何部件、组件、设备或系统。它可以由硬件、软件或兼由二者组成。就产品的性质划分产品可分为不可修产品(如电子元件、灯泡等)和可修产品(如计算机、大型设备等)。

(2)规定的条件是指产品使用时的应力条件(载荷条件)、环境条件以及储存条件等。规定的条件不同,产品的可靠性也不同。例如,一台起重机承受不同的负荷,那么它的可靠性肯定是不同的;又如某台设备在实验室内使用和野外现场使用其可靠性也是不同的;再如温度、湿度、腐蚀介质等不同的环境条件,对产品的可靠性都有很大的影响。此外,还有操作技术、维修保养条件等都对产品的可靠性产生影响。

(3)规定的时间是指产品的工作时间,任何一种产品经过一段时间的稳定性工作之后,随着时间的延长,可靠性就会下降,并越来越频繁地出现故障,最终报废。例如,某种家电,规定90%设备无故障工作时间为15 000h,那么在15 000h之内,这批产品绝大部分不会发生故障;但超过15 000h,则不能保证这批产品绝大部分还能完好工作。规定时间的单位可用分、秒、小时、月、年、周期、次数、里程等。

(4)规定的功能是指产品应具有的技术指标。这个指标要明确、清晰,只有这样才能判断产品是正常工作还是处于故障状态。产品丧失规定功能称为失效。首先要明确产品的失效模式、失效机理和失效判据。失效判据有些产品很容易确定,有些产品就比较难确定。例如,灯泡就很容易判断它正常还是失效(不亮就是失效);又如电视机的失效就比较复杂,它可以从几个方面来鉴别,如光栅检查、图像质量检查、伴音质量、灵敏度、选择性、稳定性、白纯度与会聚检查、白平衡检查、消色能力、接受彩色能力等方面的具体数据来判断其是否失效。此外,判断其是否失效还要由生产技术和用户的经济条件来决定。

可靠性有很多数量指标,如寿命、失效率、可靠度等。其中,常用的特征量为可靠度,可靠度是指产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的概率,一般用 $R$ (Reliability)表示。



### 二、可靠性分类

根据不同的标准,通常将可靠性分成以下几类。

#### 1. 狭义可靠性和广义可靠性

狭义可靠性和广义可靠性是根据可靠性定义的范畴和含义的广狭来划分的。



狭义可靠性是指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。它表示产品在某一规定时间内发生故障的难易程度。

广义可靠性是指从工程概念出发所论及的具有更广泛意义的可靠性。国家标准将广义可靠性定义为:产品整个寿命周期内完成规定功能的能力。它包括了狭义可靠性和维修性,故可用下式表示:

$$\text{广义可靠性} = \text{狭义可靠性} + \text{维修性}$$

维修性是产品设计和装配的一种特性。它赋予了产品一种便于维修的独有素质,使可维修产品在出了故障后经维修继续使用,从而提高产品的可靠性。国家标准对维修性定义为:产品在规定的条件下和规定的时间内,按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到能完成规定功能的能力。当前,维修性技术发展很快,已逐渐成为一个独立的分支,甚至可与可靠性工程相提并论了。

广义可靠性实质上就是产品的有效性。有效性(也称有用性)定义为:可以维修的产品在某时刻具有或维持规定功能的能力。实际上,有效性是将一个可维修产品的可靠性和维修性有机地结合起来,用一个统一的尺度来评价产品在全部使用过程中能有效工作的程度和比率。它表示产品正常工作的能力。

应当注意:在一般场合,人们所说的可靠性是指广义可靠性,而在专业场合及定量计算时,可靠性又多指狭义可靠性。

## 2. 固有可靠性和使用可靠性

固有可靠性和使用可靠性是根据可靠性形成的过程来划分的。

固有可靠性是指由设计决定、制造实现和保证的可靠性,记作  $R_i$ 。它所考虑的中心问题是狭义可靠性。显然,固有可靠性是产品的固有属性,奠定了使用可靠性的基础,处于十分重要的地位。固有可靠性不高,相当于“先天不足”。在产品寿命各阶段中,设计阶段对可靠性影响最大。如果设计阶段不认真进行可靠性设计,则以后无论怎样精心制造、严格管理,也难以保证其可靠性。制造只能尽可能保证实现设计的可靠性;使用则是维持可靠性,尽量减少可靠性降低。

使用可靠性是指产品在使用过程中,因受环境条件、维修方式及人为因素的影响所能达到的可靠性,记作  $R_u$ 。它所考虑的中心问题是广义可靠性。显然,一般  $R_u < R_i$ ,并且随使用时间的增长,  $R_u$  将逐渐降低。当  $R_u$  下降到规定的极限,则要检修或更换部件,使产品可靠性提高到合格水平,再投入使用。如此往复,直至报废。

据美国海军统计,在舰船故障中,设计不良造成的故障占总故障数的 40%,器件选用不当的故障占总故障数的 30%,制造不良造成的故障占总故障数的 10%,使用维修不当造成的故障占总故障数的 20%。可见,只有  $R_i$  达到一定水平,才有可能保证一定水平的  $R_u$ 。

有人还将  $R_i$  和  $R_u$  综合起来称为工作可靠性,记作  $R_0$ 。

## 3. 硬件可靠性和软件可靠性

硬件可靠性和软件可靠性是为适应软件产品迅速发展而提出的一种分类法。

所谓硬件在传统上是指从完全相同的器件总体中取出的若干部分的一种组合。前面所述的可靠性定义均指硬件可靠性。



所谓软件是指由书面的或可记录的信息、概念、文件或程序组成的产品。

软件可靠性定义可表述为：在规定的条件下和规定的时间内，软件成功地完成规定功能的能力（概率）或不引起系统故障的能力（概率）。

在硬件—软件系统中，有人提出系统的可靠性可表示为

$$R_{SY} = R_S R_H R_M \quad (1-1)$$

式中  $R_{SY}$  ——系统可靠性；

$R_S$  ——软件可靠性；

$R_H$  ——硬件可靠性；

$R_M$  ——操作者误差。

软件可靠性不同于硬件可靠性。例如，软件不会因为疲劳、老化等发生故障；软件故障率不会随时间增长而单调下降等。随着软件产品的发展，软件可靠性已成为可靠性研究的重要方面。



### 三、系统可靠性

所谓系统是指为了完成某一特定功能，由若干个彼此有联系的而且又能相互协调工作的部件所组成的综合体。

系统和部件的含义均是相对而言，具体由研究的对象而定。例如，把一条生产线当成一个系统时，组成生产线的各个部分或单机都是部件；把一台设备作为系统时，组成设备的零件都可以当作部件。因此，部件可以是子系统、机器或零件等。

系统按可修复与否分为不可修复系统和可修复系统两类。所谓不可修复系统是指系统或其组成部件一旦发生失效，不再修复，系统处于报废状态，这样的系统称为不可修复系统。通过维修而恢复其功能的系统，称为可修复系统。

不可修复系统常是因为技术上不能修复，或者一次性使用，没必要进行修复。

系统可靠性表示系统在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。系统在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的概率称为系统可靠度。

虽然绝大多数的机械设备是可修复系统，但不可修复系统的分析方法是研究可修复系统的基础。而且，对系统进行可靠性预测和分配时，常常简化为不可修复系统来处理。



### 四、可靠性技术的基本内容

可靠性技术是为适应产品的高可靠性要求而发展起来的新兴学科，它研究产品或系统的故障发生原因、消除和预防故障的措施。其主要任务是保证产品的可靠性和可用性，延长使用寿命，降低维修费用，提高产品的使用效益。

可靠性技术研究的基本内容可分为可靠性基础理论和可靠性专业技术两部分。可靠性基础理论包括可靠性数学、可靠性物理与可靠性管理。可靠性专业技术包括可靠性设计、可靠性试验与维修性设计等。





### 1. 可靠性基础理论

(1) 可靠性数学。这是可靠性的数学理论基础。可靠性是以范围广泛的数学为基础的,在数学领域已形成了一个独立的学科分支。

(2) 可靠性物理。可靠性物理是 20 世纪 60 年代发展起来的。20 世纪 60 年代前后,半导体器件发展很快,未知的失效原因很多,并且和物理学关系甚为密切,于是就产生了“失效物理学”。由于失效机理分析要涉及材料学、物理学、化学等专业,并要广泛地应用理化分析仪器,因此,现阶段分析技术专家的知识面已大大扩展,可靠性物理已成为一门新兴的学科。随着可靠性技术已发展到可靠性保证阶段,可靠性物理研究也将失效物理研究成果具体应用到包括系统在内的设计及其可靠性与质量保证体系中去。

(3) 可靠性管理。可靠性管理是对可靠性工作的各个环节以及产品的全寿命周期的各项技术活动进行组织、协调和控制,以实现既定的可靠性指标的一种方法。它在整个可靠性工作中处于领导和保证地位,离开了可靠性管理,各项可靠性技术活动将无法进行。总的来说,它包括宏观管理和微观管理两个方面,其中又以自上而下的可靠性宏观管理起决定性作用。可靠性的宏观管理包括政策、法规、条例、标准、规划、体制等的制定,各个部门的基础研究、计量、检查监督、质量跟踪,情报部门的数据和情报交换,产品可靠性的认证、生产许可、创优评优、安全认可、技术交流和教育培训等方面的工作;可靠性的微观管理包括如方针目标、规章制度、企业标准、组织机构、计划、指标制订和考核、设计评审、工序控制、质量检查和监督、质量跟踪和反馈、维修和售后服务、费用分析和核算、岗位培训等多方面的工作。

### 2. 可靠性专业技术

(1) 可靠性设计。这项工作包括建立可靠性模型,对产品进行可靠性预计和分配,进行故障或失效机理分析,在此基础上进行可靠性设计。可靠性设计是产品可靠性的保证。一个高可靠性的产品必须从可靠性设计做起,它包括的内容很多,涉及面也极广。

(2) 可靠性试验。可靠性试验的目的是了解产品,验证产品的可靠性水平,通过试验—改进—再试验,反复提高产品可靠性水平。根据试验的目的,有各种不同的可靠性试验方法。

(3) 维修性设计。大多数的产品均为可修理产品。维修性设计的目的是为了缩短平均停机时间。维修性设计是从可测性、可达性、可更换性等方面来保障维修的准确、迅速、安全、可靠。

## 第二节 可靠性的发展

尽管作为产品基本属性的可靠性随着产品的存在而存在,但可靠性工程作为一门独立的工程学科却只有三十几年的历史。如前所述,只有现代科学技术发展到一定水平,产品的可靠性才突出为一个不仅影响产品性能,而且影响一个国家经济和安全的重大问题,成为众所瞩目的致力研究的对象。在这股社会需求的强大力量推动下,可靠性



工程从概率统计、系统工程、质量控制、生产管理等学科中脱胎而出，成为一门新兴的工程学科。



## 一、可靠性工程的准备和萌芽阶段(20 世纪三四十年代)

与可靠性工程有关的数学理论早就发展起来了。可靠性工程最主要的理论基础——概率论，早在 17 世纪初就由伽利略、巴斯卡、费米、惠更斯、贝努利、德·莫根、高斯、拉普拉斯、泊松等人逐步确立。布尼科夫斯基在 19 世纪写了第一本概率论教程。他的学生切比雪夫发展了大数定律，他的另一个学生马尔科夫创立了随机过程论，这是可修复系统最重要的理论基础。可靠性工程另一门主要的基础理论——数理统计学，在 20 世纪 30 年代初也得到了迅速发展。作为与工程实践的结合，除了三十四年代提出的机械维修概率、长途电话强度的概率分布、更新理论、试件疲劳与极限理论的关系外，值得提出的是在 1939 年瑞典人威布尔为了描述材料的疲劳强度而提出了威布尔分布。该分布后来成为可靠性工程中最常用的分布之一。

最早的可靠性概念来源于航空。1939 年，美国航空委员会出版的《适航性统计学注释》中，提出了飞机由于各种失效造成的事故率不应超过 0.000 01/小时，相当于飞机在 1 小时飞行中的可靠度为 0.999 9，尽管这里并未明确提出可靠度的概念。我们现在所用的可靠性定义是在 1952 年美国的一次学术会议上提出来的。

早期的系统可靠性理论见于纳粹德国对  $V_1$  火箭的研制中。他们提出了由  $n$  个部件组成的系统，其可靠度等于  $n$  个部件可靠度的乘积，这就是现在常用的串联系统可靠度乘积关系式。

最早作为一个专用学术名词明确提出可靠性的是美国麻省理工学院放射性实验室。它在 1942 年 11 月 4 日向海军与舰船局提出的一份报告中说：“……由于真空管寿命短，需要一个专门小组对它的可靠性进行研究并协调各个研究所的工作。”

1943 年，美国成立了电子管技术委员会，并成立电子管研究小组，开始了电子管的可靠性研究。这是有组织地研究电子管可靠性的开始。1949 年，美国无线电工程学会成立了可靠性技术组，这是第一个可靠性专业学术组织。



## 二、可靠性工程的兴起和独立阶段(20 世纪 50 年代)

20 世纪 50 年代初，可靠性工程在美国兴起。当时，美国的军用电子设备由于失效率很高而面临着十分严重的局面：1949 年，美国海军电子设备有 70% 失效，对于一个正在使用的电子管需要 9 个新的电子管作为随时替换的备件；1951 年到 1952 年，一般的无线电设备中 14% 有故障，而雷达甚至 84% 有故障；美国空军每年的设备维修费为设备购置费的 2 倍，需有 1/3 的地勤人员维修电子设备。

为了扭转被动局面，1952 年 8 月 21 日，美国国防部下令成立由军方、工业界及学术界组成的电子设备可靠性顾问组 (Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment, AGREE)。1955 年，AGREE 在给政府的报告中提出了九项建议：设计程序、试验、元件的可靠性、采购、运输、包装、储存、操作、维修。这是产生美国有关可靠性军标的思想基础。



1957年6月14日提出了著名的AGREE报告《军用电子设备的可靠性》。该报告极为广泛、系统、深入地提出了如何解决产品可靠性问题的一系列办法,成为以后美国一系列军标的基础。这些标准成为世界各国及各世界组织制订有关可靠性技术文件的依据。可以认为,AGREE报告的发表是可靠性工程成为一门独立学科的里程碑。此后,美国制定了一系列有关可靠性的军标,确立了可靠性设计方法、试验方法及程序,并建立了失效数据收集及处理系统。同时,其他一些国家,如俄罗斯、日本、瑞典、意大利、德国等也纷纷成立了研究可靠性的专业组织,召开专门会议,开展可靠性活动。



### 三、可靠性工程的全面发展阶段(20世纪60年代)

20世纪60年代是世界经济发展较快的年代。可靠性工程以美国为先行,带动了其他工业国家得到了全面、迅速地发展。其主要表现是继续制定、修订了一系列有关可靠性的军标、国标和国际标准,包括可靠性管理、试验、预计、设计、维修等内容;成立了可靠性研究中心;深入地进行了可靠性基础理论、工程方法的研究;开发了加速寿命试验、快速筛选试验这两种更有效的试验方法;开发了按系统功能和参数预计可靠性和蒙特卡罗模拟法等新的可靠性预计技术;开拓了旨在研究失效机理的可靠性物理这门新学科;发展了失效模式、影响及危害性分析(FMECA)和故障树分析(FTA)两种有效的系统可靠性分析技术;开展了机械可靠性的研究;发展了维修性、人的可靠性和安全性的研究;建立了更有效的数据系统;开设了可靠性教育课程。

值得提出的是日本。日本在1956年从美国引进了可靠性技术和经济管理技术。1960年,日本成立了质量管理委员会。同年,由科技联合会召开了第一次全国可靠性讨论会,60年代中期,日本成立了电子元件可靠性中心。日本将美国在航空、航天及军事工业中的可靠性研究成果应用到民用工业,特别是民用电子工业,使其民用电子工业产品质量大幅度地提高,产品在世界各国广为销售,赢得了良好的质量信誉。



### 四、可靠性工程的深入发展阶段(20世纪70年代以来)

在20世纪60年代全面发展的基础上,可靠性工程不但在处于领先地位的美国和工业较发达的各国得以向纵深发展,而且在发展中国家,如中国和印度等也得到了迅速地发展。

1975年9月,美国正式成立了直属美国三军联合后勤司令部领导的电子系统可靠性联合技术协调组,进行统一的可靠性管理。在1978年9月,该组织扩大到非电子设备,故改名为“可靠性、有效性及维修性联合技术协调组”。1970年9月,美国成立了全国性的数据交换网“政府—工业部门数据交换网”,它是全国统一的数据交换网,已有220个政府机构及404个工业组织参加了该网。

在可靠性设计和试验方面,20世纪70年代以来,更严格、更符合实际、更有效的设计和试验方法得到了发展和应用。它们是:更严格的简化和降额设计,使产品零件数大大地减少,使用功率大大地降低,因而其可靠性大为提高;发展了计算机辅助可靠性设计,包括复杂电子系统的可靠性预计以及精确的热分析和热设计;研究非电子设备(机械和机电设备)的可靠性设计和可靠性试验;采用组合环境应力试验,如温度—湿度—振动(正弦)试



验,以便更真实地模拟环境;加速环境应力筛选试验;可靠性增长试验,以及加速寿命试验等。

此外,维修工程由以预防为主维修思想转变为以可靠性为中心的维修思想。1970年,美国联邦航空局颁布了以可靠性为中心的维修大纲 MSG-2。它包括定时维修、视情维修和状态监控等三种维修方式,在军用、民用飞机上都得到了广泛地应用。由于电子计算机技术的飞速发展,软件可靠性成为一个重要问题。1978年,美国成立三军软件可靠性技术协调组来负责国防部范围内的软件可靠性研究及协调工作。目前,对软件可靠性的研究工作正在迅速发展成为一个新的可靠性分支。

印度和以色列在20世纪70年代成立了全国性的可靠性学术组织,并在航空、航天及电子工业部门设有专门的可靠性机构和试验室。印度在可靠性理论研究方面,在世界权威杂志上发表的可靠性论文数量与质量都是举世瞩目的。这两个国家都是从欧美引进可靠性技术并结合本国国情采用合适的设计、试验、预计和分析方法来解决本国产品的可靠性问题。

我国的可靠性工程研究是从20世纪60年代中期开始的,主要在电子、航空、航天、核能、通信等领域内得到应用。1979年,中国电子学会电子产品可靠性与质量管理专业委员会召开了第一次工作会议。1980年,国家标准总局召开了全国电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会第一次会议,同年建立了可靠性数据交换网。1981年以来,中国电子学会电子产品可靠性与质量管理委员会、许多省级可靠性学会相继召开学术年会。军队院校和一些地方院校已从事可靠性研究、开设可靠性课程,并与其他研究所一起招收可靠性专业的研究生。在军工产业中,已制定了部分可靠性规范,开展了一批环境试验、可靠性试验、可靠性评定等方面的研究,完善了各种环境试验与可靠性试验方面的设备和技术能力。同时,举办了各类学习班,培养了一批具备可靠性工程基础知识和实践能力的技术队伍。目前,在军工产业、电子产品、仪器仪表行业中的可靠性工作正在向纵深发展。

### 第三节 可靠性的特点

可靠性能够集中反映每件产品的耐久性、无故障性、维修性、有效性和使用经济性等各方面的特点,同时还能用种种定量指标表示出来。可靠性是产品的重要质量指标之一,不仅具有质量的属性,而且具有自身的特点,具体归纳如下。



#### 一、规定条件下的可比性

从可靠性的定义可以看出,一个产品的可靠性受到三个“规定”的限制。

第一个“规定”是指因使用工况和环境条件的不同,可靠性水平有很大差异。例如,要求恒温或净化环境下使用的设备如果放到不同的环境下工作,可靠性将会成倍地下降。因此要保证使用可靠性,必须严格明确使用条件和环境,对于不按规定条件使用的产品,不能要求保证达到原定的可靠性水平。





第二个“规定”是指规定时间的长短不同,其可靠性也不同。一般机电类产品的功能、性能都有随时间衰退的特点,规定的时间越长,最终的可靠性越低。同一种产品在不同的使用时间范围,其可靠性水平是不同的。这里的时间定义是广义的:可以是统计的日历小时,也可以是工作循环次数、作业班次或行驶里程等,将根据产品具体特性而定。

第三个“规定”是指因规定的产品功能判据不同,将得到不同的可靠性评定结果。完成功能和发生故障是可靠性问题的正反两个方面,产品完成了规定的功能则认为是可靠的,丧失功能就是发生了故障或失效。同一产品,规定的功能要求不一样,其可靠性也不同。例如,同一辆汽车,一种规定是只要汽车能行驶就算完成功能;另一种规定是即使汽车能行驶,但是若噪声、油耗超标,或者发生螺钉松动、漏水、漏油等现象时也要算作故障,这两种判据下的可靠性数值将有很大差异。

所以在讨论和评估产品的可靠性时,应明确以上三个“规定”,否则会失去可比性。



## 二、时间质量指标

一般产品的功能和性能参数,只要产品制成就能测定,在出厂前可进行检验和考核,故一般称为 $t=0$ (使用时间为零)的质量。可靠性是指产品在规定时间内保持功能的能力或是保持功能的时间,对它的评定要等产品使用之后,或者通过模拟使用试验后才能进行,故称为 $t>0$ 的质量。因此,分析评定一个产品的可靠性有两种方法:一是试验,二是利用现场使用数据的反馈,尤其是后者,是研究机电设备可靠性的主要途径。



## 三、强调可用性

可靠性和寿命有关,但是和传统的机械设备寿命概念有些不同。可靠性并不是笼统地要求长寿命,而是强调在规定的使用时间内能否充分发挥其功能,即产品的可用性(可靠性指标之一), $\text{可用性} = \text{可用时间} / (\text{可用时间} + \text{因故障维修等不可用时间}) \times 100\%$ 。提高可用性可以从两个方面入手:或是保证产品在规定的使用时间内不出故障,少出故障;或是出了故障能迅速修复,目的都是使设备不可利用的时间降到最低限度,为此需要提高产品的无故障性或维修性。尤其是机电设备,大多是可维修产品,从保证可用性的成本角度考虑,对于某些部件要花费很高成本提高寿命和可靠性,不如采用维修性设计、改进维修策略等措施更为有效。



## 四、统计、抽样特性

一个产品何时出现故障受许多随机因素影响,致使最终产品的无故障工作时间也具有随机特性。因此产品的可靠性观测值的多少是很难预料的,可以利用概率统计理论估计整批产品的可靠性。可靠度就是指产品在规定条件、规定时间内完成规定功能的概率,可用百分比表示。如果说某批产品的可靠度是90%,则表示该批产品在规定条件下工作到规定时间时,有10%的产品可能丧失功能而失效,90%的产品有可能完成规定功能。

另外,由于产品的可靠性要经过使用或模拟使用试验后才能评定,一般不能对整批产品逐个试验,需要采用抽样和截尾试验的方式。因为是抽样试验评定,就有判定的风险问



题,即以抽得的子样评定结果代表整批产品的可靠性水平的可信程度,称作置信度。例如,我们说某批产品的可靠度的估计值大于 90%,置信度为 60%,即表示对该批产品进行抽样试验评定可靠度时,若抽样 100 次,将有 60 次评定的可靠度结果是大于 90%。

所以,评定和分析产品可靠性时,需要应用到概率统计理论和抽样试验方面的知识。



## 五、可靠性指标的体系

一般来说,一个产品的可靠性可由多种指标形式表示。因为可靠性是个综合特性,它综合表现了产品的耐久性、无故障性、维修性、可用性和经济性,可分别用各种定量指标表示,形成一个指标体系。具体一个产品采用什么样的指标,要根据产品的复杂程度和使用特点而定,一般对于可以修理的复杂系统、机器设备,常用可靠度、平均无故障工作时间(MTBF)、平均修复时间(MTTR)、有效寿命、可用度和经济性指标表示。对于不能或者不予修理的产品,如耗损件、元器件等,常用可靠度、可靠寿命、故障率、平均寿命(MTTF)等指标表示。材料则采用性能均值和均方差等特性作为指标。

可靠性弥补了传统的质量、寿命概念的不足,表达了产品的时间质量特性,更符合实际使用目的的要求。因此,现代的全面质量管理、质量保证等活动中都把可靠性作为管理的目标之一。

## 第四节 可靠性与质量管理

一般把质量管理(QC)看作是对  $t=0$  的质量的管理,可靠性是对  $t>0$  的质量的管理。质量管理是以生产过程为中心,控制产品的性能特性参数不要超出管理工程的界限,并且以出厂合格率等指标进行评定。可靠性管理则是通过试验和现场使用信息的反馈,以设计预测的事前分析技术为中心,预防故障的发生,保证可靠性目标的实现。因而可靠性管理必须是包括设计、试验、制造、维修、服务等各个部门共同参加的全员和全过程管理。

值得一提的是,现在国外推行的质量管理已有很大发展,尤其是日本提倡的全面质量管理(TQC)和在此基础上发展起来的质量保证(QA)都强调了全过程的管理,在质量的定义中也包括了可靠性的要求。例如,质量保证的任务是:

- ① 满足用户要求的质量特性;
- ② 防止废品出厂;
- ③ 保证产品的寿命和可靠性;
- ④ 预防故障的发生并采取措施等。

这和可靠性管理的目标基本一致。

日本起初将质量管理、质量保证和可靠性视为互不相干的管理方法,但是后来在实践中证明必须将它们一体化组织起来。从 20 世纪 70 年代起,日本已将可靠性和质量保证融合在一起,在质量保证的七个阶段中,加强了可靠性思想和方法的应用。目前,日本的可



靠性和质量管理体系有两种形式：一种是将可靠性作为质量保证功能的扩充方式引入；另一种是可靠性和质量保证两种体制并存。不少企业设立可靠性中心、可靠性委员会等机构，都是为了强调可靠性的重要地位而设置的。日本企业要求一般技术人员具备质量保证和可靠性的基本知识，例如，技术人员不仅设计画图，还要掌握应用故障模式影响分析(FMEA)、故障树分析(FTA)等可靠性分析方法进行设计评审。

然而美国一般把质量管理和可靠性分开，分别设有质量管理工程师和可靠性工程师的专业职称。前者主要服务于制造部门，后者主要服务于技术管理部门，而且随着可靠性工作内容的增多，还分为维修性设计工程师和可靠性设计工程师等职称。

国内推行的是全面质量管理(TQC)体制。这种体制应是强调可靠性目标的全过程管理，按理说和可靠性是不矛盾的，只是目前在行业中实施的TQC制度还不太完善：偏重于生产过程的质量管理，强调产品性能参数的抽检合格率，对于设计过程和售后阶段的管理还很薄弱。对于可靠性，这两个阶段的管理十分重要，因此可以在现有管理体制内引入可靠性，加强设计和信息反馈的管理，完善全过程的管理循环。

## 习题

1. 产品可靠性的定义是什么？其中，规定的条件、规定的时间、规定的功能的意义各是什么？
2. 什么是系统可靠性？
3. 可靠性有哪些特点？
4. 可靠性与质量管理有哪些区别与联系？
5. 提高产品的可靠性有哪些意义？