

ZHI LIANG

GUAN LI

CONG SHU

质量管理丛书



机械工业出版社

可靠性

中国质量管理协会
编

内 容 简 介

本书是中国质量管理协会主持编写的《质量管理丛书》之一，是作者在总结国内可靠性研究成果的基础上，吸收国外的成果，编写的一本指导性的实用教材。本书较系统地介绍了可靠性工程在各主要领域的基本概念，以及运用这些概念的具体方法和技巧。本书的特点是面向实际，侧重应用，重点放在企业在开展质量管理和可靠性工作中，常碰到的实际问题的处理方法和技巧上。

本书适用于企业领导，质量管理、可靠性专业人员和其他技术管理干部的阅读。也可作为大专院校可靠性研究和管理工作专业师生参考。

质量管理丛书

可 靠 性

中国质量管理协会 编

*

责任编辑：马九荣

封面设计：田淑文

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787×1092¹/₃₂·印张9¹/₈·字数197千字

1991年1月北京第一版·1991年1月北京第一次印刷

印数 0,001—8,000·定价：4.10元

*

ISBN 7-111-02684-5/F·371

质量管理丛书编辑委员会名单

主任： 盛树仁（国家计委副主任、中国质协副理事长、高级经济师）

顾问： 宋季文（中国质协理事长）

岳志坚（中国质协顾问）

林少宫（华中理工大学教授）

沈思聪（中国人民大学教授）

副主任： 玄 锐（中国质协秘书长、高级工程师）

张贵华（中国质协副秘书长、高级经济师）

朱玉龙（国家技术监督局政策法规司司长、高级工程师）

杨文士（中国人民大学副教授）

严圣武（北京理工大学副教授）

罗国英（中国质协教育部部长、高级工程师）

〔常务副主任：杨文士、严圣武、罗国英〕

编委： （按姓氏笔划为序）

玄 锐（中国质协秘书长、高级工程师）

朱玉龙（国家技术监督局政策法规司司长、高级工程师）

刘光庭（清华大学副教授）

刘建生（西安矿业学院副教授）

严圣武（北京理工大学副教授）

李为柱（航天航空部质量与标准化所副所长、高级工程师）

余美芬（中国质协研究部部长、高级工程师）

陈炳权 (同济大学副教授)

沈 阳 (北京市质协培训部部长、工程师)

张贵华 (中国质协副秘书长、高级经济师)

张绍镛 (内蒙古工学院副教授)

杨文士 (中国人民大学副教授)

罗国英 (中国质协教育部部长、高级工程师)

罗笃常 (西安冶金建筑学院副教授)

林修齐 (上海市质协宣教部部长、高级工程师)

金广林 (吉林工业大学副教授)

金同颢 (机械质协培训部部长、工程师)

茆诗松 (华东师范大学教授)

梁乃刚 (东北工学院副教授)

钱仲侯 (北方交通大学教授)

盛树仁 (国家计委副主任、中国质协副理事长、高级经济师)

前 言

质量管理丛书，现在开始出版发行了。以丛书的形式编辑出版质量管理方面的著作，这在我国还是第一次。值此出版发行之际，我想说一点不成熟的意见，供读者参阅。

—

党的十一届三中全会以来，我们贯彻执行改革开放的总方针，已经十年了。同我国其他各项事业一样，十年来，质量管理事业也取得了很大的进步。就从这部丛书来看，十年前我们无论如何是编不出来的，现在能够这样做，它反映出：在改革开放的指引和推动下，随着质量管理在我国的广泛开展和不断强化，随着这方面实践的逐步深入，把质量管理作为一种专门学问来看待，我们的知识逐步丰富起来了，我们对质量管理的认识逐步深化了。

产品质量问题，是经济建设的一个战略问题；对工业企业来说，质量就是生命，这个道理，现在大家都是承认的。问题在于，究竟怎样才能做到确保产品质量和不断提高产品质量呢？除了在技术上必须大力推动企业技术进步以外，在管理上还必须相应采取什么措施呢？为了回答这个问题，十年来，我们进行了广泛的探索，付出了艰苦的努力。实践证明，建立现代工业，不仅需要现代技术，而且需要现代管理。就质量管理而言，全面质量管理就是现代的质量管理。在我国现代化建设中，为了确保产品质量和不断提高产品质量，推行全面质量管理是一条必由之路。

我国推行全面质量管理，始于70年代末期。当时，一批

先行者在接受了这种新知识以后，立即率先在企业中试行，一些企业不久就取得了比较明显的效果。在这些成功事例的影响和推动下，全面质量管理的推行工作迅速扩展开来。

“六五”期间，由少数工业企业到多数工业企业，由工业的个别行业到各行各业，由工业企业到交通运输企业，由工交企业到建筑、商业企业，全面质量管理在全国范围内开展起来了。这种情况说明，经过实践，全面质量管理的科学性、实用性和有效性，已逐步得到了广泛的确认，全面质量管理已开始在我国扎下了根。在此基础上，原国家经委1986年决定，“七五”期间，要在全中国所有大中型工业企业中普遍推行全面质量管理，并按此逐年制定了实施规划。目前，这项工作仍在继续进行中，进展情况总的说来是好的。

应当着重指出，全面质量管理的推行工作之所以能收到如此效果，一条重要的经验就是：教育必须先行，必须坚持一贯。产品质量的形成有它自己的规律；如何通过加强管理来确保质量和提高质量，也有它自己的规律。特别是，随着现代科学技术和现代工业的飞速发展，形成产品质量的因素愈来愈复杂，质量管理也就相应复杂起来。在这样的情况下，要想取得推行工作的成功，不学习是绝对不行的；不仅要学习基础知识，而且要坚持不懈地学习新知识，才能适应推行工作的需要。正因为如此，值此全面质量管理推行十年之际，我们认为，在十年实践的基础上，编辑出版一套质量管理丛书，对于总结经验，推动学习，促进全面质量管理的继续深入发展，加快各行各业发展品种提高质量的步伐，将是很有意义的。

二

前面说过，现代科学技术和现代工业的飞速发展，使得质量管理愈来愈复杂。为了加强质量管理，不仅需要掌握各种学科的知识，而且需要把这些知识有机结合起来，以利系统地解决确保质量和促进质量提高的各种复杂问题。这次编辑出版这套丛书，就是把质量管理所需的各种知识加以汇集的一种尝试。虽然还不能说我们的认识已十分成熟，也不能说把质量管理作为一门科学我们已形成了自己的学术体系，但十年的实践确使我们积累了丰富的经验和增长了多方面的知识，编写这样一套丛书的条件，应当说已基本具备了。

这套丛书，经多方征求意见和反复研究，初步确定暂由二十一种书组成。为了使读者在总体上有一个比较清晰的轮廓，这些书可以大致归并为以下几类：一是综合论述类的书有三种，即《质量管理概论》、《质量体系》和《宏观质量管理》；二是过程管理类的书有五种，即《方针目标管理》、《产品开发设计的质量管理》、《生产制造的质量管理》、《采购供应的质量管理》和《销售服务的质量管理》；三是管理技术类的书有六种，即《质量特性的试验设计》、《可靠性》、《统计工序控制》、《质量数据的统计分析》、《质量评定与定量化》和《质量信息管理》；四是专业管理类的书有五种，即《质量成本》、《质量审核》、《质量检验》、《质量监督》和《质量改进》；五是专门论著，有两种，即《质量法制》和《质量心理》。毋庸讳言，以上编写方案，虽经反复研究，仍是不够全面完善的。好在丛书的编辑出版有一个过程；上述各书既是整个丛书相互关联的一个组成部分，同时又具有相对的独立性，在出版过程中，如发现有重

大疏漏或明显不妥之处，还可及时作些调整增减。

还需说明，这套丛书，着重考虑了它的普遍适用性，没有编入专门论述各个行业的质量管理论著。这类论著的重要性是不言而喻的，因为不同行业无论在技术上或管理上都有不同的特点，都需要从各自的特点出发在加强质量管理上有所侧重，总的道理是一致的，但具体实施时又小有差别甚至差别很大，比如机械工业企业和化学工业企业在推行全面质量管理时的具体做法就是很不相同的。近年来，这类专著已出版不少，在此基础上，我们希望各行各业继续努力，编辑出版一些在理论上实践上都更加成熟的具有更高水平的专著。

五

这套论述质量管理的丛书，其本身的质量如何，我想读者一定是十分关心的。作为编者，我们能够向读者报告的是：这个问题从一开始就提上了编写工作的重要议程，并且自始至终地予以重视。我们认为，如果论述质量管理的书不讲质量，编写质量管理丛书不讲质量管理，那对质量管理工作就会是一个不小的讽刺。当然，尽管我们对丛书质量是重视的，也认真采取了一些保证质量的措施，但由于编者水平有限，对作为一套丛书的如此众多书籍的质量保证措施也较难十分严密，加之实践还正在发展，许多新问题还有待探索、总结、回答，因此，如果读者能做出这样的评价：这套丛书是力求理论上的科学性并尽可能集中反映十年实践经验的，它已达到一定的质量水平，但还需继续努力创造出更高的水平，我们就十分满意了。我们希望丛书和读者见面以后，能够得到学者、专家、企业家和广大质量管理工作者的指教，促使我

们进一步完善这套丛书，并依靠大家的智慧和共同努力，逐步形成我国自己的质量管理的学术体系，有力推进质量管理事业的发展，更好地为社会主义现代化建设服务。

盛树仁

1989年7月

编 著 者 的 话

本书是《质量管理丛书》之一。

本书主要是为企业的工程技术人员、特别是企业的质量工作者写的。本书的特点是面向实际，重点不放在理论阐述和数学推证上，而放在企业在开展质量、可靠性工作中常碰到的实际问题的处理上。本书的另一特点是，在注意全书系统性的同时，各章又具有相对独立性，读者可以有选择地阅读有关内容。

可靠性技术是近几十年发展起来的一门新兴学科。60年代初，我国航天工业、电子工业率先推广和应用了可靠性技术，并取得很大成功，以后又很快扩展到邮电、航空、机械、冶金、建筑等各个部门。随着全面质量管理的深入发展，产品的可靠性不仅得到工业部门的重视，而且愈来愈得到广大用户的关注。用户购买产品，关心的已不仅是产品的技术性能和它的价格，而更加关心在以后的使用中能否经久耐用，不出故障。经久是对时间而言，耐用则指产品对不同环境条件的适应能力。人们总是希望产品能在较长时间的使用时间内保持其功能，尽可能不出故障或者出了故障也能较快较容易地进行修复。产品的可靠性正是表征这些特性的一项重要指标。它反映了产品在规定条件下和规定时间内完成规定功能的能力。

现在，从结构简单的电子元器件到复杂的宇宙飞船，从军事装备到民用产品都离不开可靠性指标的研究。

本书共分十章，各章的执笔人是：李为柱（第一、第八章）；唐月英（第二、第四、第五章）；陈昭宪（第三、第

六、第七、第九章)；曾纪科(第十章)。

全书由李为柱总纂，刘光庭主审。本书作为整套丛书的一个分册由严圣武担任终审。

可靠性技术在发展中，还有不少问题尚待我们研究解决。由于作者的水平的限制和工作的局限性，书中难免存在缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编著者

目 录

前言

编者的话

第一章 概述

- 第一节 产品的适用性与可靠性..... 1
- 第二节 可靠性的定义及其意义..... 2
- 第三节 可靠性工程的任务..... 5

第二章 可靠性的理论基础

- 第一节 可靠性的统计概念..... 8
- 第二节 产品的寿命特征.....17
- 第三节 典型的寿命特性曲线（浴盆曲线）.....22
- 第四节 可靠性工程中常用的失效分布.....24

第三章 维修性、有用度与安全性

- 第一节 维修性.....38
- 第二节 有用度.....44
- 第三节 安全性.....50

第四章 简单结构的可靠性模型

- 第一节 引言.....55
- 第二节 串联系统与并联系统.....56
- 第三节 混联系统与表决系统.....61
- 第四节 待机冗余系统.....66

第五章 可靠性预计与分配

- 第一节 可靠性指标的确定.....75
 - 第二节 可靠性预计.....77
 - 第三节 可靠性分配.....94
-

第四节	应用实例	104
第六章	可靠性工程设计准则	
第一节	外购件的选择及控制	115
第二节	降额设计	118
第三节	余度设计	121
第四节	容差设计	130
第五节	耐环境设计	134
第六节	人为因素分析	139
第七节	故障模式及影响分析	142
第八节	失效树分析方法	145
第七章	可靠性试验	
第一节	引言	152
第二节	评价鉴定试验	153
第三节	环境试验及失效分析	163
第四节	筛选试验	170
第五节	寿命试验及其数据处理	177
第六节	可靠性增长试验	183
第八章	机械产品可靠性	
第一节	引言	193
第二节	强度、载荷与失效	194
第三节	强度与应力的统计计算	198
第四节	环境对机械产品可靠性的影响	204
第五节	安全系数	209
第九章	可靠性数据的收集与分析	
第一节	对可靠性数据的一般要求	216
第二节	可靠性数据的收集	218
第三节	可靠性数据的统计分析	220

第四节	可靠性数据库管理系统	240
第五节	可靠性数据的交换与利用	245
第十章	可靠性管理与生产、使用过程中的可靠性保证	
第一节	可靠性管理	247
第二节	生产过程的可靠性保证	252
第三节	运输、库存的可靠性保证	256
第四节	使用阶段的可靠性保证	260
第五节	生产与使用阶段的可靠性信息反馈	262
附录		264

第一章 概 述

第一节 产品的适用性与可靠性

人们习惯将符合质量（技术）特性要求的产品，视为质量好的产品，即合格品。将不符合质量（技术）特性要求的产品称为次品或不合格品。实践证明，符合质量（技术）特性要求的合格品，在使用一段时间后，还会出现这样或那样的质量问题，有时甚至无法使用。为什么合格的产品还会出现用户不满意的结果呢？这是由于：

1. 设计水平不高或技术标准过低。在这种情况下，即使产品百分之百符合标准要求，用户也会不满意。

2. 由于检验的局限性以及抽样、测量等误差，经检验合格的产品并不能保证全批产品每一件都能满足技术要求。

3. 大多数质量特性并非是静态的，往往随着使用时间的增长，而下降以至失效。而产品的环境条件，使用情况等其它因素也会对产品的质量特性产生影响。

所以对用户来说，关心的不仅是产品指标的先进性和产品出厂时能否符合这些指标，而是更加关心产品在今后的使用中能否始终保持良好的工作状态。

通常我们将产品是否符合质量（技术）特性要求，称为产品的符合性质量，而将产品能否满足使用要求，称为产品的适用性质量。

所谓产品的适用性，系指产品满足使用要求所具有的固有属性。产品的固有属性是产品本来状态的客观反映，是固有的，是不受人们价值观或心理因素的不同而变化。

从注重产品的符合性质量到强调产品的适用性质量，是质量观念上的一个重要转变，也是质量管理现代化的一个重要标志。

产品的适用性，首先体现在高水平的设计质量上，而生产质量则是符合性质量和实用性质量的统一。只有保证生产中质量符合设计要求，才能进而保证产品的适用性质量。

产品可靠性是产品适用性的一项重要指标。因为可靠性能有效地将产品质量特性的变化和失效率与产品的使用时间、使用环境等因素紧密地联系起来，而这些特性正是产品适用性所要求的，广大用户所希望的。一般来说，产品质量包含多种指标，即技术性能、经济性、安全性和可靠性等。前几种指标比较容易度量，用户或生产厂家可直接检验或体察。而可靠性指标则是产品性能、使用条件、特别是使用时间的函数，一般要通过试验或使用后才能评估。所以有人称可靠性为“时间质量”。当前，机电产品的所谓“质量”问题，其焦点就是时间质量，即产品不可靠，容易出故障，为了使产品性能在尽可能长的时间内保持良好状态，满足使用要求，就要提高产品的可靠性。所以对产品，特别是对复杂程度较高的产品，如不提高可靠性，就谈不上适用性。

第二节 可靠性的定义及其意义

可靠性是对产品投入使用时无故障工作能力的量度。根据国家标准GB3187《可靠性基本名词术语及定义》规定，

所谓可靠性，系指产品在规定条件下和规定时间内，完成规定功能的能力。

规定的条件，包括使用条件，维护条件，环境条件、贮存条件和工作方式等。某些电子元器件在实验室中使用和在火箭上使用，其可靠性可以相差几个数量级。产品在超负荷下使用或连续不断的工作方式，都会使可靠性降低。相反，如产品在减额（低于使用负荷）下使用，可靠性则会提高。

规定的时间，是产品可靠性的核心。规定时间的长短是随产品的对象和目的而异。火箭要求几秒或几分钟内工作可靠，而海底电缆则要求几十年内不出故障。一般说，产品的可靠性随使用时间的增加而逐渐降低。使用时间越长，可靠性越低，使用时间不同，可靠性也不相同。

应当指出，在工程应用中，凡使用“时间”概念时，可以用周期、动作次数、里程或其它单位代替，也可建立这些单位与时间之间的隶属函数加以描述。

规定的功能，一般指产品的性能指标。如电视机的清晰度、音质、选择性、灵敏度等，它们从各个侧面反映了电视机的质量性能。可靠性可以针对产品全部功能的综合，也可针对某一具体性能。产品如能完成规定功能，则产品可靠；产品丧失规定功能，称产品发生“故障”或“失效”。在可靠性工程中，必须合理地、科学地给出失效判据或故障判据。

可靠性一般是用概率表示的。当用概率作为特征量表征可靠性时，常称可靠度。所以，产品的可靠性是产品长期试验和统计推断的结果，其数值系指一批产品的总体而言，而不是针对单个产品。