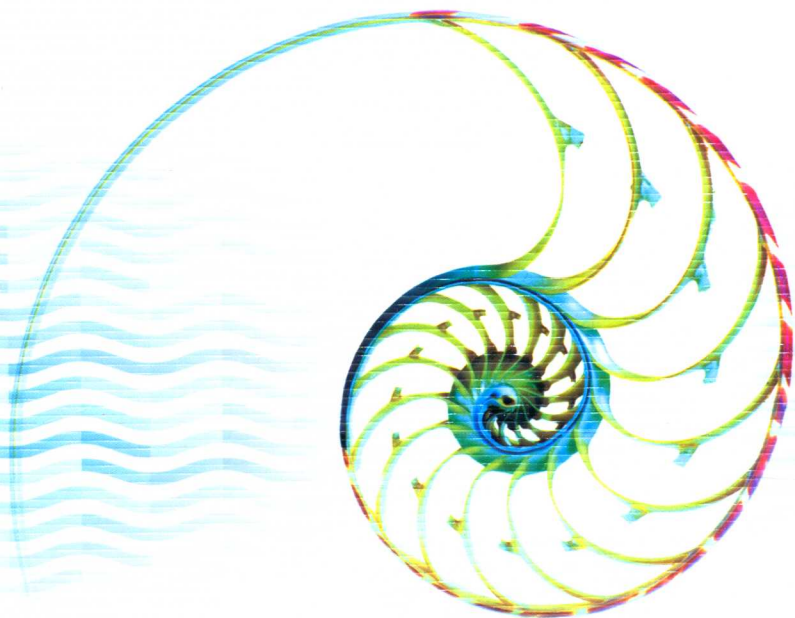


可靠性技术丛书

工业和信息化部电子第五研究所 组编



# 可靠性概论

◎ 潘 勇 黄进永 胡 宁 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

可靠性技术丛书

# 可靠性概论

工业和信息化部电子第五研究所 组编

潘 勇 黄进永 胡 宁 编著

编写组成员：杨洪旗 冯燕宽 葛智君

黄智伟 张增照 周军连

陈冰泉 任 艳 张三娣

方子豪

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书紧扣可靠性工程发展脉络,深入浅出地阐述了可靠性的基础理论、常用工程技术方法和主要标准规范,探讨了可靠性工程的若干发展趋势和面临的挑战,并给出了大量的案例。全书共11章,内容覆盖可靠性相关概念、发展历程与趋势、产品的寿命分布、可靠性管理、要求论证、设计分析、试验评价、数据收集及分析评估等技术方法,并讨论了软件和网络可靠性问题,给出了国内/国际常用的可靠性技术标准规范。

本书适用于产品设计师、质量与可靠性管理和技术人员、从事可靠性领域的理论研究和工程服务人员参考,也可作为高等院校相关专业的教材和参考资料,以及可靠性领域的培训资料使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

可靠性概论/潘勇,黄进永,胡宁编著;工业和信息化部电子第五研究所组编. —北京:电子工业出版社,2015.11

(可靠性技术丛书)

ISBN 978-7-121-27240-0

I. ①可… II. ①潘… ②黄… ③胡… ④工… III. ①可靠性理论 IV. ①O213.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第226086号

策划编辑:张 榕

责任编辑:张 榕 文字编辑:张 楠

印 刷:北京季峰印刷有限公司

装 订:北京季峰印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:720×1000 1/16 印张:38.75 字数:778.7千字

版 次:2015年11月第1版

印 次:2015年11月第1次印刷

印 数:3500册 定价:118.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

# 可靠性技术丛书编委会

主 任 谢少锋

副主任 王 勇 陈立辉

委 员 (按姓氏笔画排序)

王晓晗 王蕴辉 刘尚文 纪春阳

张 铮 张增照 张德平 罗道军

赵国祥 胡湘洪 莫郁薇 恩云飞

潘 勇

# 丛 书 序

以可靠性为中心的质量是推动经济社会发展永恒的主题，关系国计民生，关乎发展大局。把质量发展放在国家和经济发展的战略位置全面推进，是国际社会普遍认同的发展规律。加快实施制造强国建设，必须牢牢把握制造业这一立国之本，突出质量这一关键内核，把“质量强国”作为制造业转型升级、实现跨跃发展的战略选择和必由之路。

质量是建设制造强国的生命线。作为未来 10 年引领制造强国建设的行动指南和未来 30 年实现制造强国梦想的纲领性文件，《中国制造 2025》将“质量为先”列为重要的基本指导方针之一。在制造强国建设的伟大进程中，必须全面夯实产品质量基础，不断提升质量品牌价值和“中国制造”综合竞争力，坚定不移地走以质取胜的发展道路。

高质量是先进技术和优质管理高度集成的结果。提升制造业产品质量，要坚持从源头抓起，在产品的设计、定型、制造的全过程中按照先进的质量管理标准和技术要求去实施。可靠性是产品性能随时间的保持能力。作为衡量产品质量的重要指标，可靠性管理也充分体现了现代质量管理的特点。《中国制造 2025》提出要加强可靠性设计、试验与验证技术开发应用，使产品的性能稳定性、质量可靠性、环境适应性、使用寿命等指标达到国际同类产品先进水平，就是要将可靠性技术作为核心应用于质量设计、控制和质量管理，在产品全寿命周期各阶段，实施可靠性系统工程。

工业和信息化部电子第五研究所是国内最早从事电子产品质量与可靠性研究的权威机构，在我国的质量可靠性领域开创了许多个“唯一”和“第一”：唯一一个专业从事质量可靠性研究的技术机构；开展了国内第一次可靠性培训；研制了国内第一套环境试验设备；第一个将质量“认证”概念引入中国；建立起国内第一个可靠性数据交换网；发布了国内第一个可靠性预计标准；研发出第一个国际先进、国内领先水平的可靠性、维修性、保障性工程软件和综合保障软件……五所始终站在可靠性技术发展的前沿。随着质量强国战略的实施，可靠性工作在我国得到空前的重视，在新时期的作用日益凸显。五所的科研工作者们深深感到，应系统地梳理可靠性技术的要素、方法和途径，全面呈现该领域的最新发展成果，使之广泛应用于工程实践，并在制造强国和质量强国建设中发挥应有作用。鉴于此，五所在建所 60 周年之际，组织专家学者编写出版了这套“可靠性技术丛书”。这既是历史的责任，又是现实的需要，具有重要意义。

“可靠性技术丛书”内容翔实，涉及面广，实用性强。它涵盖了可靠性的设计、工艺、管理，以及设计生产中的可靠性试验等各个技术环节，系统地论述了提升或

保证产品可靠性的专业知识，可在可靠性基础理论、设计改进、物料优选、生产制造、试验分析等方面为产品设计、开发、生产、试验及质量管理等从业者提供重要的技术参考。

质量发展依赖持续不断的技术创新和管理进步。以高可靠、长寿命为核心的高质量是科技创新、管理能力、劳动者素质等因素的综合集成。在举国上下深入实施制造强国战略之际，希望该丛书的出版能够广泛传播先进的可靠性技术与管理方法，大力推动可靠性技术进步及实践应用，积极推进专业人才队伍建设。帮助广大的科技工作者和工程技术人员，为我国先进制造业发展，落实好《中国制造 2025》发展战略，在新中国成立 100 周年时建成世界一流制造强国贡献力量！



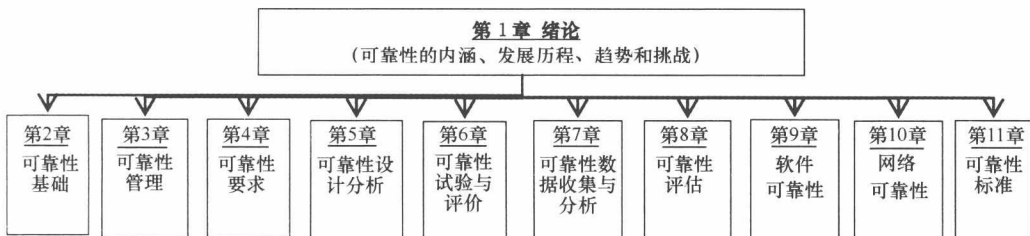
# 前言

## 《《《《 PREFACE

本书是工业和信息化部电子第五研究所建所 60 周年献礼可靠性丛书的首册。本书阐述了国内外可靠性工程的发展历程、趋势和面临的挑战，阐明了可靠性工程的作用和主要工作内容，介绍了可靠性的内涵和相关基础知识，并从产品全寿命周期可靠性系统工程的角度，对可靠性管理、技术和标准化等方面进行了概要性的论述。重点阐述了可靠性基础理论、可靠性管理、可靠性建模、可靠性数据收集与处理、可靠性试验评价等基础性的技术和方法。

编者力图通过本书展示可靠性工程的概貌，兼顾理论性和工程实用性，在介绍可靠性基础理论的同时，结合编者多年的可靠性实践经验，给出具体的工程方法和实践案例。

本书内容围绕可靠性工程的主要工作展开，全书共 11 章，其架构如下图所示。对各章内容的编排如下。



第 1 章绪论，概括介绍可靠性的概念与作用、可靠性工程的主要工作内容、发展历程，重点阐述了可靠性工程在复杂系统、信息-物理融合系统、云计算系统、预测与健康管理、无铅焊点、质量特性综合等方面的发展趋势、面临的挑战和对策。

第 2 章介绍可靠性基础，阐述与可靠性相关的条件、时间、功能和能力 4 个要素，失效及其分类，可靠性参数，以及产品的寿命分布函数。

第 3 章介绍可靠性管理的概念、内容和特点，包括可靠性计划、管理组织机构、过程管理、评审和可靠性信息管理等方面。

第 4 章介绍可靠性要求及其确定的相关过程和技术。

第 5 章介绍可靠性设计分析技术，包括可靠性设计分析的目的和一般原则，可靠

性模型、预计、分配、仿真和分析技术，以及机械可靠性、元器件选用控制等。

第 6 章介绍可靠性试验与评价技术，包括可靠性试验的目的、分类、要素、要求和一般程序，试验类型覆盖可靠性测定试验、验证试验、增长试验、加速试验和与可靠性相关的筛选技术等，并给出了试验评价的模型和方法。

第 7 章介绍可靠性数据收集、处理和分析方法，重点阐述了可靠性数据收集的原理、内容和方法，以及统计分析、分布检验和参数估计方法。

第 8 章介绍可靠性评估的一般程序和方法。本章尤其适用于小子样或大型复杂系统的可靠性评价。在系统研制和使用阶段，进行可靠性评估可有效估计系统的可靠性水平。

第 9、10 章探讨软件和网络可靠性。由于软件和网络的可可靠性与传统的硬件系统可靠性差别很大，其可靠性理论和方法也有很大差异，并且随着软件和网络应用的不断深入，由于它们的失效引发的系统失效占比不断增大，非常有必要辟出专门的章节讨论，深入探讨软件和网络的可可靠性问题。

第 11 章介绍可靠性标准。详细介绍了国内/国际相关的可靠性标准化组织情况，给出了相关标准体系架构和常用的可靠性标准，以方便读者查阅。

其中，第 1 章由潘勇、黄进永、杨洪旗编写，第 2 章由黄进永、张增照编写，第 3、4 章由胡宁、潘勇编写，第 5 章由冯燕宽、黄进永、张增照、黄智伟、周军连、任艳、方子豪、张三娣编写，第 6 章由胡宁、张增照、潘勇编写，第 7 章由葛智君、潘勇编写，第 8 章由黄进永编写，第 9 章由陈冰泉、杨洪旗编写，第 10 章由杨洪旗、黄进永编写，第 11 章由杨洪旗、潘勇编写，全书由潘勇统稿。

本书内容跨度较大，在编写过程中，参阅了前辈和同行编写、提供的大量相关资料，并引用了部分内容，在此表示衷心感谢。

张剑伟、朱启新等同事参与了本书部分章节的编写、校对和图表制作等工作，在此谨致感谢。特别感谢莫郁薇研究员对本书提出的宝贵意见。

由于本书编写时间紧迫，成书略显仓促，编者水平所限，错漏之处难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2015 年 6 月



# 目录

## CONTENTS

第 1 章 绪论 .....	(1)
1.1 可靠性的内涵 .....	(1)
1.2 可靠性的作用和地位 .....	(5)
1.3 可靠性工程的基本内容和特点 .....	(7)
1.3.1 可靠性工程的基本内容 .....	(7)
1.3.2 可靠性工程的特点 .....	(10)
1.4 可靠性工程的发展历程 .....	(11)
1.4.1 概述 .....	(11)
1.4.2 概念形成阶段 .....	(12)
1.4.3 建立阶段 .....	(13)
1.4.4 全面发展阶段 .....	(14)
1.4.5 趋于成熟阶段 .....	(16)
1.4.6 深入发展阶段 .....	(21)
1.5 可靠性工程的发展趋势和面临的挑战 .....	(26)
1.5.1 概述 .....	(26)
1.5.2 复杂系统的可靠性 .....	(27)
1.5.3 动态系统的可靠性 .....	(31)
1.5.4 体系的可靠性 .....	(34)
1.5.5 软硬件综合系统的可靠性 .....	(36)
1.5.6 信息-物理融合系统的可靠性 .....	(39)
1.5.7 云计算系统的可靠性 .....	(41)
1.5.8 可靠性与其他质量特性的综合 .....	(47)
1.5.9 基于失效物理的故障预测与健康管理 .....	(52)
1.5.10 无铅焊点的可靠性 .....	(58)
1.5.11 纳米技术的可靠性 .....	(61)
1.5.12 可靠性仿真试验 .....	(62)
1.5.13 高加速极限试验和应力筛选 .....	(67)
参考文献 .....	(72)

第 2 章 可靠性基础 .....	(75)
2.1 对可靠性定义的进一步理解 .....	(75)
2.1.1 可靠性的构成要素 .....	(75)
2.1.2 规定的任务和功能 .....	(76)
2.1.3 规定的环境和使用条件 .....	(76)
2.1.4 规定的时间 .....	(77)
2.1.5 规定的能力 .....	(79)
2.2 产品的可靠性参数 .....	(82)
2.2.1 常用的可靠性参数 .....	(82)
2.2.2 产品的寿命特征量 .....	(86)
2.2.3 可靠性参数间的相互关系 .....	(89)
2.3 产品的寿命分布 .....	(91)
2.3.1 指数分布 .....	(92)
2.3.2 正态分布 .....	(93)
2.3.3 对数正态分布 .....	(94)
2.3.4 威布尔分布 .....	(95)
2.3.5 超几何分布 .....	(97)
2.3.6 伽马( $\Gamma$ )分布 .....	(98)
2.3.7 贝塔分布 .....	(99)
2.3.8 寿命分布 .....	(100)
参考文献 .....	(101)
第 3 章 可靠性管理 .....	(102)
3.1 可靠性管理概述 .....	(102)
3.1.1 可靠性管理的概念 .....	(102)
3.1.2 可靠性管理的基本职能 .....	(103)
3.1.3 可靠性管理的基本原则 .....	(104)
3.1.4 可靠性管理的内容 .....	(104)
3.1.5 可靠性管理与质量管理的关系 .....	(106)
3.2 可靠性计划与可靠性工作计划的制订 .....	(108)
3.2.1 目的与作用 .....	(108)
3.2.2 计划的主要内容 .....	(109)
3.2.3 编制可靠性计划与工作计划的一般要求 .....	(110)
3.3 可靠性管理组织 .....	(111)
3.3.1 研制、生产单位的可靠性管理组织 .....	(112)
3.3.2 型号武器系统的可靠性管理组织 .....	(113)

3.4	可靠性过程管理	(115)
3.4.1	研制阶段的可靠性管理	(115)
3.4.2	生产阶段的可靠性管理	(119)
3.4.3	使用阶段的可靠性管理	(120)
3.4.4	对转承制方和供应方的监督与控制	(120)
3.5	可靠性评审	(121)
3.5.1	可靠性评审的作用	(121)
3.5.2	评审组织及程序	(121)
3.5.3	可靠性评审	(122)
3.5.4	软件可靠性设计评审	(125)
3.6	可靠性信息管理	(126)
3.6.1	可靠性信息的分类	(126)
3.6.2	可靠性信息管理的工作内容	(129)
3.7	故障报告、分析和纠正措施系统	(132)
3.7.1	概述	(132)
3.7.2	FRACAS 系统的建立	(133)
3.7.3	FRACAS 的运行	(136)
	参考文献	(139)
<b>第 4 章</b>	<b>可靠性要求</b>	<b>(140)</b>
4.1	确定可靠性要求的重要性	(140)
4.2	可靠性要求的表述形式	(140)
4.3	与可靠性要求相关的若干概念和参数	(141)
4.4	可靠性要求	(143)
4.4.1	可靠性定性要求	(143)
4.4.2	可靠性定量要求	(144)
4.5	确定可靠性要求的一般原则和实施要点	(147)
4.6	确定可靠性要求及其验证的一般程序和方法	(152)
	参考文献	(156)
<b>第 5 章</b>	<b>可靠性设计分析</b>	<b>(158)</b>
5.1	可靠性设计分析概述	(158)
5.1.1	目的	(158)
5.1.2	一般程序和主要方法	(160)
5.1.3	可靠性设计准则	(162)
5.2	指导思想和原则	(166)
5.3	可靠性建模	(170)

5.3.1	可靠性模型的内涵和作用	(170)
5.3.2	基本可靠性模型	(170)
5.3.3	任务可靠性模型	(172)
5.3.4	基本可靠性与任务可靠性的区别和联系	(173)
5.3.5	基本可靠性和任务可靠性的权衡	(173)
5.3.6	建立可靠性模型的一般程序	(174)
5.3.7	典型的系统可靠性模型	(179)
5.3.8	共因故障模型	(188)
5.3.9	多功能系统模型	(190)
5.3.10	储存可靠性模型	(191)
5.4	可靠性分配	(193)
5.4.1	可靠性分配的目的和作用	(193)
5.4.2	可靠性分配考虑的因素	(193)
5.4.3	可靠性分配的原理和准则	(194)
5.4.4	可靠性分配的参数	(195)
5.4.5	可靠性分配的层次	(195)
5.4.6	可靠性分配的方法	(196)
5.4.7	不同研制阶段可靠性分配方法的选择	(202)
5.4.8	进行可靠性分配时的注意事项	(202)
5.5	可靠性预计	(203)
5.5.1	可靠性预计的目的和作用	(203)
5.5.2	可靠性预计的内容	(205)
5.5.3	系统可靠性预计方法	(205)
5.5.4	主要的可靠性预计标准及其发展状况	(214)
5.5.5	进行可靠性预计时的注意事项	(220)
5.6	可靠性仿真	(221)
5.6.1	可靠性仿真的内涵、条件和优势	(221)
5.6.2	可靠性仿真的一般流程	(223)
5.6.3	可靠性仿真的技术难点	(224)
5.7	故障模式、影响及危害性分析 (FMECA)	(224)
5.7.1	FMECA 的方法概述	(224)
5.7.2	FMECA 的作用	(226)
5.7.3	FMECA 的实施要求和注意事项	(229)
5.7.4	FMECA 的工作内容和一般步骤	(231)
5.7.5	FMECA 相关技术标准状况	(237)

5.8	故障树分析	(242)
5.8.1	故障树分析概念	(242)
5.8.2	FTA 发展及应用	(243)
5.8.3	FTA 中的图形符号	(244)
5.8.4	故障树分析的一般方法与流程	(247)
5.8.5	共因故障问题	(255)
5.8.6	动态故障树分析	(255)
5.9	潜在通路分析	(257)
5.9.1	潜在通路分析的内涵	(257)
5.9.2	潜在通路的特点	(257)
5.9.3	潜在通路产生的原因	(258)
5.9.4	潜在通路的表现形式	(258)
5.9.5	潜在通路分析技术现状	(259)
5.9.6	潜在通路分析方法与流程	(260)
5.10	电路容差分析	(265)
5.10.1	容差分析的内涵	(265)
5.10.2	容差分析程序	(266)
5.10.3	容差分析方法	(267)
5.10.4	容差分析实施要点	(268)
5.10.5	使用软件工具进行容差分析示例	(269)
5.11	耐久性分析	(270)
5.11.1	目的	(270)
5.11.2	一般信息	(270)
5.11.3	耐久性分析程序	(270)
5.12	失效物理分析	(271)
5.12.1	概述	(271)
5.12.2	失效物理模型示例	(272)
5.12.3	失效物理分析法应用示例	(275)
5.13	机械可靠性	(278)
5.13.1	机械可靠性现状	(278)
5.13.2	机械可靠性特点	(279)
5.13.3	结构可靠性分析	(280)
5.13.4	机构可靠性分析	(281)
5.14	元器件的选用控制	(282)
5.14.1	选用的必要性	(282)

5.14.2	元器件选用管理的内容	(282)
5.14.3	优选管理	(288)
5.14.4	质量控制	(290)
	参考文献	(294)
<b>第6章</b>	<b>可靠性试验与评价</b>	<b>(295)</b>
6.1	概述	(295)
6.1.1	可靠性试验的目的	(295)
6.1.2	可靠性试验的分类及其主要用途	(296)
6.1.3	可靠性试验的要素	(302)
6.1.4	可靠性试验的计划与要求	(306)
6.1.5	可靠性试验方案及一般程序	(309)
6.2	可靠性测定试验和可靠性增长测定试验	(312)
6.2.1	可靠性测定试验	(312)
6.2.2	可靠性增长测定试验	(315)
6.3	可靠性验证试验	(320)
6.3.1	抽样检验	(320)
6.3.2	可靠性验证试验大纲要求	(324)
6.3.3	平均寿命抽样检验的原理与试验方案	(326)
6.4	环境应力筛选 (ESS)	(330)
6.4.1	环境应力筛选的目的	(330)
6.4.2	环境应力筛选的原理	(330)
6.4.3	试验剖面的确定	(331)
6.4.4	典型的环境应力筛选过程	(333)
6.5	可靠性增长试验	(336)
6.5.1	可靠性增长试验的内涵及其作用	(336)
6.5.2	可靠性增长试验的时机	(337)
6.5.3	可靠性增长试验方法	(337)
6.5.4	常用可靠性增长模型	(339)
6.5.5	可靠性增长试验计划曲线	(342)
6.5.6	可靠性增长试验的跟踪与控制	(345)
6.5.7	可靠性增长试验的最终评定	(346)
6.6	加速试验	(346)
6.6.1	加速试验的目的和基本原理	(346)
6.6.2	加速寿命试验	(349)
6.6.3	高加速极限试验和应力筛选试验	(354)

6.6.4	加速试验的局限性 .....	(372)
	参考文献 .....	(373)
<b>第 7 章</b>	<b>可靠性数据收集与分析 .....</b>	<b>(374)</b>
7.1	概述 .....	(374)
7.1.1	数据、信息的概念及特征 .....	(374)
7.1.2	数据的收集与分析 .....	(377)
7.2	可靠性数据的重要性 .....	(378)
7.3	可靠性数据收集与分析的基本要求 .....	(379)
7.3.1	可靠性数据收集的目的 .....	(380)
7.3.2	可靠性数据收集的要求及注意事项 .....	(381)
7.3.3	可靠性数据分析的目的和任务 .....	(383)
7.3.4	可靠性数据分析的要求和注意事项 .....	(383)
7.4	可靠性数据收集 .....	(384)
7.4.1	可靠性数据的分类 .....	(384)
7.4.2	可靠性数据的内容 .....	(386)
7.4.3	可靠性数据收集的原理 .....	(389)
7.4.4	可靠性数据收集的方式 .....	(395)
7.4.5	可靠性数据收集的程序和方法 .....	(397)
7.5	可靠性数据处理与统计分析概述 .....	(400)
7.6	可靠性数据的初步处理 .....	(403)
7.6.1	数据的集中性和分散性 .....	(404)
7.6.2	样本的频率分布 .....	(407)
7.6.3	周期测量数据的统计处理 .....	(410)
7.6.4	散布图 .....	(411)
7.6.5	回归分析 .....	(414)
7.6.6	方差分析 .....	(416)
7.7	可靠性数据分析的数学方法 .....	(418)
7.7.1	分布类型检验 .....	(418)
7.7.2	分布参数估计 .....	(430)
7.7.3	贝叶斯方法在可靠性数据分析中的应用 .....	(446)
7.8	可靠性数据库 .....	(447)
7.8.1	概述 .....	(447)
7.8.2	GIDEP .....	(447)
7.8.3	IHS .....	(450)
7.8.4	RIAC .....	(451)

7.8.5	美国的核电可靠性数据系统 (NPRDS)	(452)
7.8.6	CEPREI_RDC	(453)
	参考文献	(455)
<b>第 8 章</b>	<b>可靠性评估</b>	(457)
8.1	可靠性评估的作用	(457)
8.2	可靠性评估的工作内容和程序	(458)
8.3	可靠性评估的数据收集和处理	(462)
8.3.1	可靠性评估数据的收集	(462)
8.3.2	可靠性评估数据的处理	(463)
8.4	设备的可靠性评估方法	(466)
8.4.1	成败型设备的可靠性评估	(466)
8.4.2	指数寿命型数据可靠性评估	(467)
8.5	基于经典法的复杂系统可靠性评估	(469)
8.5.1	成败型 (二项分布) 串联系统可靠性评估	(469)
8.5.2	二项分布单元并联系统的可靠性评估	(471)
8.5.3	寿命型 (指数分布) 单元串联系统的可靠性评估	(471)
8.5.4	指数分布单元并联系统的可靠性评估	(473)
8.6	基于 Bayes 的复杂系统可靠性评估	(473)
8.6.1	由指数寿命型单元组成的系统可靠度	(473)
8.6.2	串联系统可靠度	(475)
8.6.3	并联系统可靠度	(476)
8.7	可靠性评估案例	(478)
8.8	可靠性评估注意事项	(478)
	参考文献	(479)
<b>第 9 章</b>	<b>软件可靠性</b>	(480)
9.1	引言	(480)
9.2	基本定义和术语	(481)
9.2.1	软件的定义	(481)
9.2.2	软件可靠性的相关术语	(481)
9.3	软件故障的分类	(482)
9.4	软件可靠性与硬件可靠性	(483)
9.4.1	软件可靠性与硬件可靠性之间的区别	(483)
9.4.2	软件可靠性与硬件可靠性之间的相似之处	(485)
9.5	软件可靠性统计模型	(485)
9.5.1	主要统计模型	(485)



9.5.2	模型评价	(493)
9.6	软件可靠性设计	(495)
9.7	软件可靠性分配	(498)
9.7.1	考虑因素	(498)
9.7.2	基本公式	(500)
9.8	软件可靠性预计	(500)
9.8.1	基于模型的软件可靠性预计	(501)
9.8.2	基于经验公式的软件可靠性预计	(504)
	参考文献	(509)
<b>第 10 章</b>	<b>网络可靠性</b>	<b>(511)</b>
10.1	引言	(511)
10.2	网络理论的发展历程和相关概念	(512)
10.2.1	网络理论的发展历程	(512)
10.2.2	网络的概念和特征量	(514)
10.2.3	网络的分类	(517)
10.3	网络可靠性发展历程及相关概念	(519)
10.3.1	网络可靠性研究的历程	(519)
10.3.2	网络及可靠性的相关术语	(523)
10.3.3	网络可靠性定义	(524)
10.3.4	网络故障的来源	(525)
10.3.5	网络故障的分类	(525)
10.4	网络可靠性研究的理论方法	(527)
10.5	网络可靠性度量参数体系	(528)
10.5.1	建立原则	(528)
10.5.2	网络可靠性的通用参数体系	(528)
10.5.3	通信网络可信性参数体系	(530)
10.6	网络可靠性建模	(536)
10.6.1	网络可靠性建模的实施要点	(537)
10.6.2	网络可靠性模型分类	(537)
10.6.3	基于排队论的可靠性模型	(538)
10.6.4	马尔可夫链模型	(539)
10.6.5	考虑加权因子的可靠性模型	(543)
10.6.6	基于 Petri 网的可靠性模型	(545)
10.6.7	基于信息动力学的网络性能可靠性模型	(545)
10.6.8	交通网行程时间可靠性模型	(548)