



装备科技译著出版基金

可靠性维修性保障性
学术专著译丛

丛书主编 康锐

保修数据 收集与分析

Warranty Data Collection and Analysis

【美】Wallace R. Blischke

【孟加拉】M. Rezaul Karim

【澳】D. N. Prabhakar Murthy

主编

张颖 郭霖翰

主译

康锐

主审

 Springer



国防工业出版社
National Defense Industry Press



装备科技译著出版基金

可靠性维修性保障性学术

保修数据收集与分析

Warranty Data Collection and Analysis

[美] Wallace R. Blischke

[孟加拉] M. Rezaul Karim

[澳] D. N. Prabhakar Murthy 主编

张颖 郭霖翰 主译

康锐 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-2013-130 号

图书在版编目(CIP)数据

保修数据收集与分析/(美)布林思科(Blischke, W. R.),
(孟加拉)卡里姆(Karim, M. R.), (澳)默西(Murthy, D. N. P.)主编;
张颖,郭霖翰主译. —北京:国防工业出版社, 2014. 12

(可靠性维修性保障性学术专著译丛)

书名原文:Warranty data collection and analysis

ISBN 978-7-118-09953-9

I. ①保... II. ①布... ②卡... ③默... ④张...
⑤郭... III. ①工业产品—保修—数据收集②工业产品—
保修—数据—分析 IV. ①TB114.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 019963 号

Translation from English language edition:

Warranty Data Collection and Analysis

by Wallace R. Blischke, M. Rezaul Karim and D. N. Prabhakar Murthy

Copyright © 2011 Springer London

Springer London is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 32½ 字数 617 千字

2014 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 90.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

《可靠性维修性保障性学术专著译丛》

编 审 委 员 会

主任委员

康 锐 教授 北京航空航天大学

副主任委员

屠庆慈 教授 北京航空航天大学

王文彬 教授 北京科技大学

委员(按姓氏笔画排序)

于永利(军械工程学院)

王文彬(北京科技大学)

左明健(电子科技大学)

田玉斌(北京理工大学)

李大庆(北京航空航天大学)

邹 云(南京理工大学)

张卫方(北京航空航天大学)

陈 循(国防科技大学)

陈云霞(北京航空航天大学)

金家善(海军工程大学)

赵 宇(北京航空航天大学)

康 锐(北京航空航天大学)

曾声奎(北京航空航天大学)

王少萍(北京航空航天大学)

王自力(北京航空航天大学)

左洪福(南京航空航天大学)

孙 权(国防科技大学)

何宇廷(空军工程大学)

宋笔锋(西北工业大学)

陆民燕(北京航空航天大学)

陈卫东(哈尔滨工程大学)

苗 强(四川大学)

单志伟(装甲兵工程学院)

郭霖瀚(北京航空航天大学)

屠庆慈(北京航空航天大学)

翟国富(哈尔滨工业大学)

《可靠性维修性保障性学术专著译丛》

总 序

可靠性理论自 20 世纪 50 年代发源以来,得到了世界各地研究者的广泛关注,并在众多行业内得到了成功的应用。然而,随着工程系统复杂程度的不断增加,可靠性理论与方法也受到了日益严峻的挑战。近年来,许多国际知名学者对相关问题进行了深入研究,取得了一系列显著的成果,极大地丰富和充实了可靠性理论与方法。2012 年,国际知名出版社 Springer 出版了一套“可靠性工程丛书”,共计 61 种,总结了近年来可靠性维修性保障性相关领域内取得的绝大部分研究成果,具有很强的系统性和很高的理论与实用价值。

经过国内最近 30 年的普及和发展,可靠性的重要性已经得到业界的普遍认可,即使在民用领域,可靠性的研究与应用也发展迅猛。他山之石,可以攻玉,系统地了解国际上可靠性相关领域近年来的最新研究成果,对于国内的可靠性研究者与实践者们都会大有裨益。为此,国防工业出版社邀请北京航空航天大学可靠性与系统工程学院以 Springer 出版的“可靠性工程丛书”中的 10 种,外加 Wiley、World Scientific、Cambridge、CRC、Prentice Hall 出版机构各一种,共 15 种专著,策划组织了《可靠性维修性保障性学术专著译丛》的翻译出版工作。我具体承担了这套丛书的翻译组织工作。我们挑选这 15 种专著的基本原则是原著内容是当前国内学术界缺乏的或工业界急需的,主题涵盖了相关领域的科研前沿、热点问题以及最新研究成果,丛书中各专著原作者均为相关领域国际知名的专家、学者。

组织如此规模的学术专著翻译出版工作,我们是没有现成经验的。为了保证翻译质量和进度,在组织翻译这套丛书的过程中,我们做了以下几方面的工作:一是认真遴选主译者。我们邀请了国内高校可靠性

工程专业方向的在校博士生作为主译者,这些既有专业知识又有工作激情的青年学者对翻译工作的投入是保证质量与进度的第一道屏障。二是真诚邀请主审专家。我们邀请的主审专家要么是这些博士生的导师,要么是这些博士生的科研合作者,他们均是国内可靠性领域的知名专家,他们对可靠性专业知识把握的深度和广度是保证质量与进度的第二道屏障。三是建立编审委员会,加强过程指导。我们邀请了国内知名专家与主审专家一起共同组成了丛书编审委员会,从丛书选择、翻译指导、主审主译等多个方面开展了细致的工作,同时为了及时沟通信息、交流经验,我们还定期编辑丛书翻译工作简报,在主译者、主审者和编审委员中印发。经过以上工作,我们坚信这批专著的翻译质量是有保证的。

本套丛书适合于从事可靠性维修性保障性相关研究的学者和在校博士、硕士研究生借鉴与学习,也可供工程技术人员在具体的工程实践中参考。我们相信,本套丛书的出版能够对国内可靠性系统工程的发展起到推动作用。

北京航空航天大学可靠性与系统工程学院

康 锐

2013 年 11 月 8 日

PREFACE

Today's modern systems have become increasingly complex to design and build, while the demand for reliability and cost effective development continues. Thus, reliability has become one of the most important attributes in these systems. Growing international competition has increased the need for all designers, managers, practitioners, scientists and engineers to ensure a level of reliability of their product before release at the lowest cost. This is the reason why interests in reliability have been continually growing in recent years and I believe this trend will continue during the next decade and beyond.

It is these growing interests from both industries and academia that motivate Springer to publish the Springer Series in Reliability Engineering, for which I serve as the series editor. This series consists of books, monographs and edited volumes in important subjects of current theoretical research development in reliability and in areas that attempt to bridge the gap between theory and application in fields of interest to practitioners in industry, laboratories, business and government.

I am very delighted to learn that the National Defense Industry Press from China is planning to translate selected books from the Springer Series as well as some other distinguished monographs from other presses into Chinese. The books in the collections to be translated cover most of the timely and important topics in reliability research areas and are of great values for both theoretical researchers and engineering practitioners.

The translations are organized and managed by Professor Rui Kang from Beihang University, who is a world-wide leading expert in reliability related areas. With his expertise and dedication, the quality of the translations is guaranteed. I'm sure that the translations of these outstanding books will be a great impetus to the research and application of reliability engineering in China.

Personally, I will treat the translation collection as an attempt to exchange ideas of reliability researchers in the international community with their Chinese counterparts. I really hope that these kinds of idea interchanges will be more common and frequently in the future. Specifically, I am really looking forward to hearing more from our Chinese colleagues. Wish the research and application of reliability in China a bright future!

Hoang Pham

Dr. Hoang Pham, IEEE Fellow

Distinguished Professor

Rutgers University

Series Editor, Springer Series in Reliability Engineering

序

不断发展的科技和日趋激烈的市场竞争对产品提出了日趋强烈的可靠性需求,希望能够以尽可能低的成本高效保证产品可靠性。可靠性业已成为现代工程系统最重要的属性之一。面向这种需求, Springer 出版社组织出版了《Springer 可靠性工程丛书》。这套丛书由 61 种专著组成(截止到 2013 年 11 月),涵盖了近年来可靠性相关领域内取得的最新理论成果,介绍了可靠性工程在实际工程上的应用,具有很强的理论和实践价值。

作为《Springer 可靠性工程丛书》的主编,我很高兴中国的国防工业出版社计划将这套丛书中的部分专著以及其他一些近年出版的可靠性优秀英文专著翻译出版,推出《可靠性维修性保障性学术专著译丛》。《可靠性维修性保障性学术专著译丛》中的专著选题覆盖了可靠性领域近期的大部分研究热点和重要成果,具有重要的理论价值和实践指导意义。

这套丛书的翻译工作由北京航空航天大学的康锐教授负责组织。康锐教授是国际知名的可靠性专家,我相信,康锐教授的专业知识和奉献精神,能够有效保证译著的质量。我确信,这些优秀专著的翻译出版将极大地推动中国的可靠性研究和应用工作。

就我个人而言,我更愿意将《可靠性维修性保障性学术专著译丛》看作是可靠性领域内的国际学者与中国同行们进行的一次思想交流。我期待这样的交流在未来更加频繁。特别地,希望中国优秀学者们能够更多地以英文出版学术专著,介绍他们的学术成果,从而向可靠性领域的国际同行们发出来自中国的声音。衷心祝愿中国的可靠性事业更上一个台阶!

Hoang Pham

博士, IEEE 会士

罗格斯大学特聘教授

Springer 可靠性工程丛书主编

译者序

保修数据的收集与分析是系统可靠性工程领域的前沿研究,是最近二十几年来发展起来的新兴研究领域,它是集系统科学与工程、统计学、运筹学等理论与方法于一体的高度交融、相对前沿的交叉学科。

产品保修研究对于改善产品质量,降低产品服务成本,提升产品的国际竞争力,打造国际著名品牌具有重要作用和意义。随着科技水平的不断发展,新产品层出不穷,功能越来越复杂,性能也越来越强大。产品性能取决于产品的可靠性,以及产品在设计、研发和生产中所做的决策。消费者往往希望产品在其设计使用寿命内完好运行。生产者通过保修向消费者提供性能有保证的产品。保修期是产品的一个关键属性,产品保修期的确定是一个非常复杂的问题,需要综合考虑产品可靠性、维修性、保障性等特性。产品保修期间能够提供的服务直接影响到产品的成本和质量,确定合适的产品保修期和保修期维修服务能够直接提升产品的核心竞争力和品牌影响力,这极大地依赖于产品保修数据的积累和分析。很多民品单位,像华为、中兴等通讯业巨头,海尔、美的等家电业巨头近年来也纷纷开展相关研究,足见产品保修对于一个企业成长壮大所发挥的作用。

可靠性工程是关乎国家实力的战略前沿技术,国内从事产品可靠性研究单位如雨后春笋般快速成长。开展产品可靠性研究的大专院校和科研院所已经覆盖到航空、航天、兵器、船舶、核工业等诸多单位,可靠性工程、技术、教学人员对可靠性工程类图书的需求逐年扩大,但是产品保修方面的论著在国内尚属空白,未见出版。因此,国防工业出版社及时策划了本书的引进和翻译出版工作,旨在通过本书的出版,满足广大可靠性相关专业人员的需求,推动国内相关的理论研究和工程应用的发展。

本书根据 Springer 出版社 2011 年出版的 *Warranty Data Collection and Analysis* 一书翻译而成,是系统可靠性工程领域最新出版的业界反响和评价较高的专业书籍。原书的参编人员皆是来自国际上从事产品可靠性数据分析领域的知名专家,主编 Wallace R. Blischke 是统计学著名专家,美国南加州大学统计学专业的国际著名教授,他在产品可靠性数据分析方面有着很深的造诣,出版过 *Reliability: Modeling, Prediction and Optimization*、*Case Studies in Reliability and Maintenance*、*Product Warranty Handbook*、*Warranty Cost Analysis*、*Warranty Management and Product*

Manufacture 等多部国际著作,深受国内外读者好评。原书在内容上系统阐述了产品保修概念和方法、保修数据一维和二维建模方法、产品保修费用预计方法、产品保修数据分析方法、产品保修数据分析工具,为产品保修理念、理论与技术在国内装备制造业普及和推广打下良好基础。另外,注重先进理论与实际案例紧密结合,既包括先进的产品保修数据分析理论和方法,又结合国际工程界实际的应用案例,全书具有很好的操作性,对于国内装备制造业产品保障理念的建立发展大有裨益。因此,译者认为,本书的翻译出版,对于国内可靠性相关理论研究和工程应用工作都具有重要的指导意义和参考价值。

本书第1章介绍产品保修相关的基本概念。第一篇从第2章开始,共2章,介绍产品可靠性和保修理论;第二篇共2章,主要讨论产品保修数据收集;第三篇共5章,主要介绍产品保修数据一维和二维建模方法、产品保修费用预计方法和与产品保修数据收集分析相关的统计工具;第四篇共4章节,结合不同产品保修数据实例,说明如何利用分析工具处理保修数据;第五篇共2章,讨论结合保修数据迭代改进产品设计的框架;第六篇共2章,用真实案例佐证产品保修数据建模方法。

本书由北京航空航天大学张颖、郭霖翰主译,康锐教授主审。余凤仙、康晓明、董越波、李文苹、樊九九协助译者完成了本书的翻译,曾志国、耿岩、辛建雯、宋常浩、蒋鑫协助译者完成了部分章节的校对,对他们的辛勤工作,译者谨在此表示衷心的感谢。本书的翻译工作及译者相关的研究工作得到了中央高校基本科研业务费课题资金的资助。

由于时间仓促和译者水平有限,本书的翻译难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

张颖
2014年9月

前 言

保修是产品市场营销的一个关键要素。通过保修可以确保制造商会向问题产品提供诸如修理、更换或退款等形式的补偿。近年来,随着消费者对购买商品期望的提高,以及对消费者权益保护法律意识的增长,保修变得越来越重要。

提供保修对于制造商上来说非常重要。虽然提供更好的保修能够提升制造商的市场竞争力,但也会产生额外的费用,即与保修索赔服务相关的费用。根据产品和制造商的不同,这些费用一般会占产品售价的 1% ~ 10% 不等,并且可能会对制造商的声誉和利润带来很大影响。

保修费用取决于问题产品数量以及制造商所采取的保修服务策略。问题产品数量取决于产品的可靠性,而产品可靠性受消费者行为(如使用环境、使用强度、维护、安全防护等)和开发过程(设计、研发、生产、测试等)的影响。

制造商必须根据在新产品设计和开发阶段所收集的信息做出产品投放市场的相关决策。保修数据为产品可靠性评估,可靠性问题(如与设计、生产、部件供应商等相关的问题)确认以及与保修索赔服务相关问题的确认提供了有用信息。保修数据包括索赔数据和补充数据。索赔数据是指保修索赔服务过程中所收集的数据。补充数据是指对索赔数据进行分析所需的其他数据和信息。这些数据主要来源于制造商的各个部门,可用于减少当前市场上产品的保修服务费用,对于即将研发和将来要投放市场的产品也同样重要。

本书论述了保修数据的采集与分析,讨论了分析结果在当前产品和未来产品业务性能改进方面的应用。本书旨在建立相应的框架。本书由要领部分(第 1 章)和六篇组成。六篇所述内容分别如下:

- 第一篇保修和可靠性。共 2 章,概要介绍可靠性理论和产品保修。
- 第二篇保修数据收集。共 2 章,论述保修数据的采集,研究与索赔和补充数据采集相关的问题和挑战。
- 第三篇模型,工具和方法。共 5 章,论述相关工具和技术。前两章论述一

维和二维保修的保修索赔建模与保修费用预计方法。其余 3 章介绍统计分析和统计推断的一些基础工具。

- 第四篇保修数据分析。共 4 章,论述如何利用第三篇中工具和技术进行保修数据分析。其中考虑多种数据想定,并举例说明多种产品的索赔和补充数据。

- 第五篇保修管理。共 2 章,介绍研究了改进过程的框架。第 15 章论述当前(或现有)产品的改进,第 16 章论述新产品的改进。

- 第六篇案例研究。共 2 章,介绍了两个真实的案例:第一个案例围绕一维保修的空调数据构建;第二个案例围绕二维保修的汽车部件构建。

制造商对可靠性和保修的有效管理需要一个由工程师、科学家、使用研究人员、统计人员、IT 人员和管理专家组成的跨专业团队,这也是本书的受众群体。一些相关人员希望只进行方法应用的培训,为此目的而出的书则是培训手册。而本书则旨在对相关从业人员进行培训,并提供对基本概念和所涉及问题的内涵的阐释。因此,本书不仅是一本培训手册,本书中还通过举例和案例研究突出了概念、工具和技术,以强调适当的技术对于保修数据采集和分析的重要性,并说明如何利用相应结果做出有效的决策。

行业和学术领域的研究人员也是本书的受众群体。我们结合理论和实际提出了研究人员可能会感兴趣的一些新的问题和挑战。相关分析人员和希望解决对于制造商而言非常重要的实际复杂问题的研究人员对本书会非常感兴趣。如前所述,本书结构形式旨在方便读者,我们旨在寻求对于各行业人员来说相对中立的一种概念,说明了当前认知成果以及概念的局限,并论述了研究人员感兴趣的尚未解决的实际问题。

尽管认为读者对统计学、数学、运筹学和保修概念有一定的了解,但本书中还是包括了许多基本概念。

作者从学科交叉角度,对可靠性和保修的各个方面及其在亚洲、澳洲、欧洲以及美国等地区相关业务的相互作用进行了研究。

本书作者在此特别感谢之前的学生及其多年(15~40 年)合作的研究人员:

- John Eccleston 教授、Richard Wilson 博士和 Michael Bulmer 博士(澳大利亚昆士兰大学)

- Kazuyuki Suzuki 教授(日本电气通信大学)

- Jaiwook Baik 教授(韩国国立开放大学)
- Bermawilskandar 教授(印尼工学院)
- Renyan Jiang 教授(中国长沙学院)

在此非常感谢 Springer Verlag 员工的大力支持。特别感谢 Anthony Doyle 先生之前对本书提出问题的兴趣以及对本书的鼓励;并要特别感谢 Claire Protherough 先生对本书手稿予以的指导,并在项目完成过程中给予了理解和支持。

Sherman Oaks, CA, USA

Rajshahi, Bangladesh

Brisbane, Australia

Wallace R. Blischke

M. Rezaul Karim

D. N. Prabhakar Murthy

目 录

第1章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 产品	1
1.2.1 产品分类	2
1.2.2 产品复杂性	3
1.3 产品性能	4
1.3.1 概念	4
1.3.2 产品故障	4
1.3.3 消费者视角	5
1.4 产品保修	5
1.4.1 保修概念	5
1.4.2 生产者视角	6
1.4.3 保修费用	6
1.5 产品可靠性	7
1.6 保修数据的收集和分析	7
1.6.1 数据的来源和类型	7
1.6.2 保修数据分析	8
1.6.3 关键问题	8
1.7 本书的目的	9
1.8 本书概要	10
参考文献	12

第一篇 保修和可靠性

第2章 产品保修	13
2.1 引言	13
2.2 保修研究	13
2.3 保修的三个视角	14
2.4 保修的分类	15
2.4.1 默认保修	15
2.4.2 协议保修	15
2.4.3 协议保修的分类	15
2.5 一维保修	17
2.5.1 不重新计算保修期的保修	17
2.5.2 重新计算保修期的保修	17
2.6 二维保修	18
2.7 团购保修	19
2.8 可靠性增长保修	20
2.9 延长保修	20
2.10 保修服务的流程	21
2.11 保修费用	21
2.11.1 每单位销量的保修费用	22
2.11.2 每单位销量的寿命周期费用	22
2.11.3 多次购买产生的寿命周期费用	23
2.12 保修管理	23
2.12.1 管理的各个阶段	23
2.12.2 保修数据在管理中的作用	25
参考文献	25
第3章 可靠性	26
3.1 引言	26
3.2 基本概念	26
3.2.1 产品性能退化	26
3.2.2 故障	27
3.2.3 失效模式	27
3.2.4 失效原因和分类	27
3.2.5 失效机理	28

3.3	产品寿命周期	28
3.3.1	标准产品	28
3.3.2	定制产品	29
3.4	产品可靠性	29
3.4.1	概念与定义	29
3.4.2	产品寿命周期视角	30
3.5	模型与建模过程	31
3.5.1	模型的作用	31
3.5.2	建模过程	31
3.6	首次失效与可靠性建模	33
3.6.1	基本结果	33
3.6.2	设计可靠性	35
3.6.3	生产制造品质差异的影响	35
3.6.4	使用模式	37
3.6.5	使用强度(工作载荷)	37
3.6.6	有关使用的其他概念	39
3.7	时变失效建模	39
3.7.1	不可修产品	39
3.7.2	可修产品	40
3.8	建立产品可靠性和部件可靠性的关系	40
3.8.1	可靠性框图	41
3.8.2	故障树分析	41
3.8.3	结构功能与产品可靠性	41
3.9	保修与可靠性	42
	参考文献	43

第二篇 保修数据收集

第4章	保修索赔数据	44
4.1	引言	44
4.2	数据、信息与知识	44
4.3	结构化数据与非结构化数据	45
4.3.1	信息技术(IT)视角	45
4.3.2	将非结构化数据转化成结构化数据	45
4.4	保修流程	46

4.4.1	索赔流程	46
4.4.2	服务流程	47
4.5	保修索赔数据收集	48
4.6	保修索赔数据分类	49
4.6.1	产品数据	50
4.6.2	客户数据	50
4.6.3	服务数据	51
4.6.4	费用相关数据	51
4.7	保修索赔数据处理过程中的问题	51
4.7.1	报告过程中的延误	52
4.7.2	未报告的失效	52
4.7.3	其他问题	53
4.7.4	信息丢失	53
4.8	保修索赔数据的使用	54
4.8.1	保修管理的第一阶段	54
4.8.2	保修管理的第二阶段	54
4.9	当前行业惯例	54
4.9.1	汽车行业做法	55
4.9.2	Itron 公司做法	55
	参考文献	56

第5章	保修补充数据	58
5.1	引论	58
5.2	所需补充数据	58
5.3	删失数据	59
5.3.1	一维保修数据	59
5.3.2	二维保修	60
5.3.3	删失类型	60
5.4	寿命周期数据	61
5.4.1	数据源	61
5.4.2	数据分类	62
5.5	投产前数据	63
5.5.1	可行性研究阶段数据(D - I - 6)	63
5.5.2	产品设计阶段数据(D - I - 5)	63
5.5.3	研发阶段数据(D - I - 5)	64
5.6	生产数据(D - I - 4)	64