

可靠性·维修性·保障性丛书

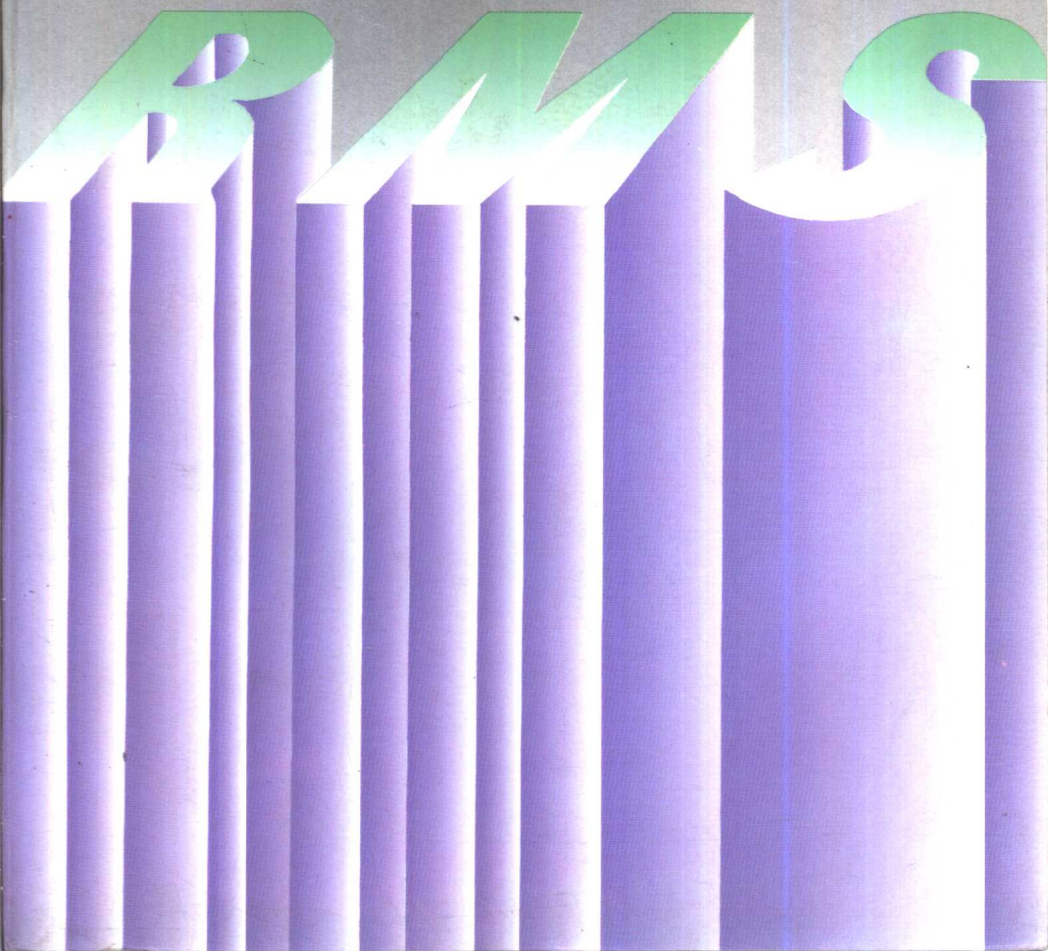
6

可靠性数据的收集与分析

主编 贺国芳 副主编 许海宝

KEKAOXING WEIXIUXING BAOZHANGXING
CONGSHU

国防工业出版社



可靠性数据的收集与分析

主 编

贺国芳

副主编

许海宝

编写组成员

瞿荣贞

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

可靠性数据的收集与分析/贺国芳主编. —北京:国防工业出版社,1995. 12

(可靠性·维修性·保障性丛书)

ISBN 7-118-01454-0

I. 可… I. 贺… III. 可靠性数据-分析 N. TB 114. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 10499 号

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 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 8 $\frac{1}{2}$ 200 千字

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:11.70 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

可靠性·维修性·保障性丛书

编辑委员会

主任

王统业

副主任

陈丹淮 黄 宁 杨为民

(按姓氏笔划排序)

王 至 产 良 孙 守 魁 朱 明 让
富 国 何 国 伟 张 海 门 俞 沼
志 强 殷 鹤 龄 屠 庆 慈

认真研究先进经验
密切联系工程实际，
大力推进可靠性系统
工程的发展。

祝《可靠性、维修性、
保障性丛书》出版

丁维高

一九八四年十月二十日

丁维高

《可排性、维修性、保障性
丛书》的出版,对我国可排
性系统工程的发展,必将起
到巨大的推动作用。

感谢编者的创造性劳
动。我们可以为有自己的
工程应用价值极高的这
部巨著而自豪

许光

一九八〇年八月廿五日

發展可靠性技術
提高裝備質量水平

任國權

94.9.30

序 言

树立当代质量观,不断提高产品质量,已成为国民经济和国防科技发展中引人注目的关键问题。可靠性、维修性、保障性是产品效能的决定因素,亦为产品质量的重要内涵。产品不但要性能优越,而且要寿命长、故障少、易维修、易保障,从而使其具有较高的效能及较低的寿命周期费用,以达到获取最佳效费比的目的。

可靠性、维修性技术是与国民经济及国防科技密切相关的、亟待发展的新兴学科分支,世界各发达国家均对此予以高度重视,通过可靠性、维修性技术的开发和应用,已在民用产品与武器装备的研制中获取了巨大效益。进入90年代以来,欧美各国在可靠性、维修性、保障性的综合化发展方面又取得了新进展,产生了诸如“并行工程”和“可信性技术”的新概念、新方法;因而更进一步地提高了产品质量、缩短了研制周期并节省了成本。与此相比,我国的可靠性、维修性工程起步较晚,无论从发展需求而言或与国外水平相比,均有明显差距。为尽快扭转这一落后局面,必须首先加强对可靠性、维修性工作的管理,大力发展可靠性、维修性技术。同时,必须重视专业人才培养,提高可靠性、维修性设计与管理人员的素质。这对于促进可靠性系统工程的深入发展,更有效地提高装备质量,具有重要的现实意义。为适应这一需求,国防科学技术工业委员会组织了国内这一领域中的知名专家和学者撰写了这套《可靠性·维修性·保障性丛书》,准备分批出版,第一批共六册,今后将陆续出版其他各册。

这套《丛书》系统地引进、吸收了发达国家先进的管理思想和相关技术,并在认真总结我国已取得的成果和经验的基础上,从技

术和管理两方面深入浅出地阐明了有关专业的基本理论、技术及其应用和可靠性系统工程管理等问题,具有系统性和实用性,从而有助于人们全面、系统地了解 and 掌握该项技术的主要内涵。《丛书》中所阐述的可靠性、维修性工程的理论和方法对现代工程系统、武器装备系统和一般民用产品均具有普遍的适用性。

《可靠性·维修性·保障性丛书》是一套理论与工程实践并重的著作,它不仅可作为从事现代化工程系统研制的工程技术人员和管理人员指导工作的参考书,而且也有关工程专业的大学本科和研究生提供了系列化的参考书。我们相信,这套丛书的出版,将对我国可靠性系统工程的全面、深入发展起到重要的推动和促进作用。

《可靠性·维修性·保障性丛书》

编辑委员会

一九九四年十一月

前 言

当前产品可靠性、维修性设计已实质性地进入工程领域,对新研制产品的设计已由追求性能转变到寿命周期内的综合效能指标。“可靠性数据的收集和分析”作为可靠性工程中的基础学科将应用于可靠性工程的各个方面。国外从 50 年代起就开始抓可靠性数据的收集与分析工作,在可靠性领域中发挥了重要作用,取得了巨大的经济效益。我国最先在电子工业部成立了电子产品元器件可靠性数据交换网,以后各工业部门都相继成立了可靠性数据收集与交换的网络系统,它们在各自部门都起到了重要作用。以航空部门为例,从 80 年代初首次解决飞行员救生用品——抗荷服的寿命评估起,直至运七飞机定、延寿,完成双 15 万飞行,无不与可靠性数据的收集与分析有密切的关系。所以编写本书有其重要的应用价值。

本书从工程角度出发,在讲清基础概念的同时,力求实用。全书基本按数据产生—收集—分析—可靠性参数的计算和寿命指标的评估过程编写。内容共分 7 章,第 1 章绪论,在强调可靠性数据收集与分析的重要作用之后,简述了数据分析过程的基本程序。第 2 章讲述可靠性数据的产生,收集方法,注意事项等。第 3 章叙述了本学科涉及的数理统计知识的基本概念及数据分析的基本方法。第 4 章介绍产品常见的寿命分布及其物理背景,并给出各种分布的可靠性参数和寿命指标的计算公式。第 5 章叙述在假设产品服从某个寿命分布的条件下,分布参数的点估计和区间估计。第 6 章讲述寿命分布的拟合优度检验。第 7 章给出了无故障数据的处理与分析方法。为便于理解和应用,各章节均有例题,书后附有数

据分析时常用的表格。

本书所介绍的分析处理方法适用于成败型产品以及电子、机电、机械类产品的数据分析,并包括了常见的不同数据来源所形成的试验子样。十余年来航空部门可靠性工作的实践表明,充分收集和利用现场数据具有既经济、又实用,且样本量较大的特点,所以本书对随机截尾数据给予了重视。另外,针对目前某些高可靠性产品的出现,以及某些产品由于投入使用的时间不长,实验室中又没有追踪到故障,使之从现场和实验室得到的是无故障数据的情况,本书参考国内外对此问题的研究状况,给出了无故障数据的处理与分析方法。

本书第1章~第6章由贺国芳编写,第7章由瞿荣贞编写,全书由许海宝教授审阅。在编写过程中得到航天工业总公司何国伟研究员、北京航空航天大学杨为民教授、许海宝教授及北京大学陈家鼎教授的指导和帮助,在此一并致谢。

内 容 简 介

本书是《可靠性·维修性·保障性丛书》之六。

本书从工程角度出发,介绍了有关数理统计的基本知识和数据分析的基本方法,阐述了数据的产生、收集、分析、可靠性参数的计算和寿命指标的评估。内容共分7章,第1章在强调可靠性数据收集与分析的重要作用之后,简述了数据分析的基本程序。第2章讲述可靠性数据的产生、收集方法、注意事项。第3章叙述了有关的数理统计知识的基本概念及数据分析的基本方法。第4章介绍产品常见寿命分布及其物理背景,并给出各种分布的可靠性参数和寿命指标的计算公式。第5章叙述在假设产品服从某个寿命分布的条件下,分布参数的点估计和区间估计。第6章讲述寿命分布的拟合优点度检验。第7章给出了无故障数据的处理与分析方法。为便于理解和应用,各章均有例题,书后附有数据分析常用表格。

本书可供从事现代化工程系统研制的工程技术人员和管理人员阅读,也可作为有关专业的大学本科生、研究生参考书。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 可靠性数据的收集与分析在可靠性工程中的地位 和作用	(1)
1.2 可靠性数据的收集与分析和可靠性信息 系统的关系	(2)
1.3 可靠性数据分析的基本方法	(3)
1.3.1 数据分析的目的和任务	(3)
1.3.2 可靠性数据分析的两种模型	(3)
1.3.3 可靠性数据分析的基本方法	(4)
第 2 章 可靠性数据的收集	(7)
2.1 可靠性数据的来源及特点	(7)
2.1.1 收集可靠性数据的目的	(7)
2.1.2 可靠性数据的来源	(7)
2.1.3 可靠性数据的特点	(8)
2.2 试验数据和现场数据	(9)
2.2.1 试验数据	(9)
2.2.2 现场数据	(11)
2.3 可靠性数据的收集要求和程序	(13)
2.3.1 数据的需求	(13)
2.3.2 数据的质和量	(13)
2.3.3 可靠性数据的收集程序和方法	(15)
2.4 故障数据的判定及记录	(17)
2.4.1 故障及关联故障	(17)
2.4.2 故障模式及失效机理	(19)

2.4.3 故障影响及等级划分	(20)
2.5 可靠性数据的利用及效果	(22)
第3章 可靠性数据分析的基本概念和方法	(25)
3.1 数理统计的基本概念	(25)
3.1.1 随机变量与概率分布	(25)
3.1.2 总体与样本(子样)	(26)
3.2 数据分析的直方图法	(28)
3.3 故障数据的主次及因果分析	(33)
3.3.1 主次图法	(33)
3.3.2 因果图法	(34)
3.3.3 实例	(35)
3.4 样本的经验分布函数	(39)
3.5 随机截尾试验的经验分布函数计算	(41)
3.5.1 用残存比率法计算产品的可靠度	(42)
3.5.2 用平均秩次法计算经验分布函数	(44)
第4章 产品常见的寿命分布	(49)
4.1 概述	(49)
4.1.1 寿命分布的作用	(49)
4.1.2 产品寿命分布的物理背景	(50)
4.2 二项分布	(57)
4.3 泊松分布	(58)
4.4 指数分布	(59)
4.5 正态分布	(61)
4.6 对数正态分布	(63)
4.7 威布尔分布	(66)
4.8 超指数分布	(70)
4.9 伽玛分布	(71)
4.10 混合分布和合成分布	(72)
4.10.1 混合分布	(72)
4.10.2 合成分布	(74)
4.10.3 竞争性故障模型的分布	(75)

第 5 章 分布参数的估计	(79)
5.1 分布参数的点估计	(79)
5.1.1 点估测量优劣的标准	(79)
5.1.2 极大似然估计	(81)
5.1.3 图估计	(94)
5.1.4 最小二乘法估计	(118)
5.1.5 最好线性无偏估计	(125)
5.1.6 数据分析中点估计方法的选择	(128)
5.2 分布参数的区间估计	(130)
5.2.1 参数为二项分布时的可靠度区间估计	(131)
5.2.2 区间估计的图估法	(136)
5.2.3 指数分布参数的区间估计	(142)
5.2.4 威布尔分布参数的区间估计	(147)
第 6 章 分布的拟合优度检验	(153)
6.1 概述	(153)
6.2 皮尔逊 χ^2 检验	(154)
6.3 柯尔莫哥洛夫-斯米尔诺夫检验(K-S 检验)	(159)
6.3.1 用于完全样本的 K-S 检验	(159)
6.3.2 用于截尾样本的 K-S 检验	(161)
6.4 正态分布检验(Shapiro-Wilk 检验)	(164)
6.5 指数分布检验	(166)
6.6 威布尔分布检验	(167)
6.7 数据分析中寿命分布的选择	(169)
第 7 章 无故障数据的可靠性分析	(172)
7.1 概述	(172)
7.2 指数分布	(174)
7.3 威布尔分布	(177)
7.3.1 形状参数已知时的威伯斯法	(177)
7.3.2 形状参数 m 未知时的可靠性分析	(181)
7.4 正态分布和对数正态分布	(184)
7.4.1 正态分布	(184)

7.4.2 对数正态分布	(186)
附表	(190)
附表 1 标准正态分布表	(190)
附表 2 卡方(χ^2)分布表	(194)
附表 3 t 分布表	(196)
附表 4 F 分布表	(198)
附表 5 中位秩表	(206)
附表 6 $F(t_i)$ 的 5% 置信限表	(207)
附表 7 $F(t_i)$ 的 95% 置信限表	(208)
附表 8 $F(t_i)$ 的 10% 置信限表	(209)
附表 9 $F(t_i)$ 的 90% 置信限表	(210)
附表 10 正态分布参数极大似然估计 $g(Z)$ 表	(211)
附表 11 D_n 的极限分布表	(214)
附表 12 检验的临界值($D_{n,\alpha}$)表	(216)
附表 13 定数截尾试验临界值表	(218)
附表 14 定时截尾试验临界值表	(219)
附表 15 截尾试验中 $D_{n,T}$ 的极限分布表	(221)
附表 16 计算统计量 W 必需的系数 $a_{i,n}$	(223)
附表 17 统计量 W 的 p 分位数 Z_p	(228)
参考文献	(230)

第1章 绪 论

1.1 可靠性数据的收集与分析在可靠性工程中的地位和作用

随着可靠性及维修性工作的深入发展,可靠性数据的收集与分析工作越来越显示出其重要的价值和作用。人们更深刻地体会到:有效的信息和数据是开展可靠性、维修性、保障性分析的基础,是决策的依据;没有信息,可靠性工程乃至整个型号的研制工作就好像是无本之木、无源之水。

在现代武器装备的质量中,可靠性占有突出的重要地位。可靠性只能通过设计与生产过程的可靠性活动获得,它是可靠性设计、可靠性试验和可靠性管理的结果。可靠性数据及其分析给可靠性设计和可靠性试验提供了基础,为可靠性管理提供了决策依据。可靠性数据分析的任务是定量评估产品可靠性,由此提供的信息,将作为“预防、发现和纠正可靠性设计以及元器件、材料和工艺等方面缺陷”的参考,这是可靠性工程的重点,因而,借助有计划、有目的地收集产品寿命周期各阶段的数据,经过分析,发现产品可靠性的薄弱环节,进行分析、改进设计,可以使产品的质量与可靠性水平不断改进和提高。所以可靠性数据的收集和分析在可靠性工程中具有重要地位。

在产品的寿命周期中,可靠性数据的收集与分析伴随着各阶段可靠性工作而进行。在工程研制阶段需要收集和分析同类产品