

可靠性技术丛书—11

# 可靠性试验——环境、设备

---

市田 嵩  
〔日〕 森川 貞重 著  
梶谷 幸

---

机械工业出版社

78,112  
8908139

可靠性技术丛书—11

---

# 可靠性试验

——环境、设备

市田 嵩

[日] 森川 貞重 著

糀谷 幸

孙 惠 琴 译

高 金 钟 校

机 械 工 业 出 版 社

本书是日本科技联可靠性技术丛书第11册的中译本。该书在第10册阐述的可靠性试验的概论和部件试验基础上，重点讨论设备的可靠性试验，说明在设备各个寿命阶段的可靠性试验的计划和实施步骤。同时介绍了可靠性试验的必备基础知识。即有关环境试验的方法、设备和环境条件的确定。

书中列出了当前主要采用的可靠性试验标准体系，重点介绍了可靠性的测定、验证以及增长的试验方法。

最后专题介绍电子和汽车工业领域的可靠性试验实例。

本书可供质量管理、质量保证、可靠性工作人员以及从事开发设计、试验和生产检验的技术人员阅读并参考。

日科技連信頼性工学シリーズ 第11卷

### 信頼性試験——環境・装置

市田 嵩・森川貞重・糀谷 幸 著

日科技連出版社

1985年

\*\*\*

可靠性技术丛书—11

### 可靠性试验——环境、设备

[日] 市田 嵩・森川貞重・糀谷 幸 著

孙惠琴 译

高金钟 校

\*

责任编辑：蒋 虹 版式设计：霍永明

封面设计：方 芬 责任校对：罗小俊

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

新华书店北京发行所发行·新华书店经销

北京龙华印刷厂印刷

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张7<sup>5</sup>/<sub>8</sub>·字数163千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 0,001—3,810 定价：4.20元

\*

科技新书目：184—006

ISBN7—111—01394—8/TH·239

8908129

## 译 序

可靠性是衡量机电产品质量的一项重要标准。随着工业技术的发展，产品性能参数日益提高，结构日趋复杂，产品的使用场所更加广泛，环境更为严酷，因而，产品的可靠性问题越来越突出。从50年代起，国外就兴起了可靠性技术的研究。可靠性技术的观点和方法，目前已经成为产品质量保证、安全性研究和产品责任预防措施不可缺少的依据和手段。

日本开展可靠性技术的研究和应用已有近30年的历史。其可靠性技术着重应用在民用工业产品上，尤其是和TQC（全面质量管理）结合，形成实用化的特点，使产品的可靠性有显著提高。日本专家认为高可靠的优质产品的实现，是长期积累的可靠性技术和严格的生产管理制度相结合的结果，必须强调从设计、制造、管理到使用、维修的全过程的统筹管理。

这套丛书总结了日本推广可靠性技术的经验，通俗易懂，实用性强。它是为指导日本的技术人员和管理人员应用可靠性技术而编写的一套工具书。全书共分15册，包括可靠性、维修性总论、数理基础、设计、试验、数据采集和处理、故障诊断、维修和管理等诸方面内容。

为了配合国内普及和推广可靠性技术，我们决定翻译出版这套丛书，供从事产品设计、试验、管理、维修以及产品

开发研究的各种专业人员和各级管理干部借鉴和应用。这套丛书同时也可作为国内高等院校可靠性课程的教材，并且对从事可靠性研究的高等院校教师、科研人员和研究生也有参考价值。丛书由国家机械工业委员会机械科学研究院组织翻译、校审。全套丛书将陆续与读者见面，希望能对各单位开展可靠性活动有所裨益。

由于我们水平有限，难免有不足和谬误之处，欢迎批评指正。

在此，对日本科技联的慷慨赠书表示感谢。

国家机械工业委员会科技司  
机械科学研究院  
一九八七年二月

## 《可靠性技术丛书》出版序言

1958年日本科技联盟内设立了可靠性研究会，至今已经历了近四分之一世纪的岁月。在这个期间，通过各种研究班和专题讨论会等普及活动，以及由于有关协会、学会及企业的努力，已经发表了大量有关可靠性的应用报告和研究成果。可靠性的观点和方法已经成为质量保证、安全性保证、产品责任预防等不可缺少的依据和手段，因此受到各方面的广泛关注。

日本科技联盟过去所进行的卓有成效的可靠性教育和普及活动，不仅有研究班和专题讨论会，还有关于可靠性的出版活动等。但遗憾的是，有些活动不完全是有组织地进行的。在最近的可靠性活动的高潮中，使人不免稍有动手已晚之感。为了扩大活动的领域，日本科技联盟出版社决定出版《日本科技连可靠性技术丛书全15卷》。

与所谓的可靠性技术专著相比，这套丛书的特点是具有更广泛的基础知识，尽可能简明易懂，讲述比较详尽，以适应初学者到技术人员，乃至管理干部等各类人员使用的要求。此外，为了使从事计划、设计、生产、质量管理、维修等各项业务，以及电子、电机、机械、精密仪器等各主要行业的人员喜欢阅读本书，执笔者邀请了各方面经验丰富的专家参与筹划。

这套丛书的另一个特点是，为了便于用作现场常备的参考书，并且携带方便，故采用32开本。读者可以分册阅读，

容易安排时间，并掌握其最基础的知识。

希望这套丛书能为以可靠性有关的工作人员的案头书，在今后发展可靠性活动中起到引路的作用。

《日本科技连可靠性技术丛书》

主编

市田 嵩  
川崎义人  
盐见 弘

## 前 言

在日科技联的全套15册可靠性技术系列丛中，第10册和第11册定为“可靠性试验”主题。旨在通过这二册书说明可靠性试验的概念和方法，介绍目前企业中进行的一些可靠性试验实例，为此对该书的内容和执笔者进行了分工。

第一章首先给定本书所要讨论的设备和系统的范围，然后阐述这类试验和零部件试验的差异。第二章，从设备和系统的可靠性管理和可靠性保证的观点出发，解释有关试验的计划、实施、异常和故障的处理以及评定步骤。需要特别强调的是，若从可靠性保证立场考虑，加强对开发、制造过程中发生的所有故障、异常的监视、分析和处置这样一系列有组织的活动是非常必要的。因此，本书不局限于在狭义的可靠性测定试验和可靠性验证试验的定义上，而是对开发、制造、维修过程进行的所有试验、检查项目展开讨论。

第三章由森川贞重先生（日本电子元件可靠性中心）执笔，尽量详细地介绍环境试验。尽管这已在第10册总论中阐明，本书主要说明方法、程序和必要的设备。另外，对于受试对象也从零件扩大到设备整机。

第四章较为详细地说明有关设备（机器）可靠性试验和可靠性增长试验的方法和步骤。前者从可靠性技术形成之时开始研究，已发展至今日的水平。后者是近几年尤为得以重视发展的方法，因此介绍重点放在实施的程序上。有关统计分析方法，请参看第10册和第3册。



第五章.介绍有关可靠性试验的动向和实例。在1981年,成立了日科技联可靠性试验研究委员会,1983年出版了相当委员会报告的“可靠性试验指南”。在5.2节中将摘引一部分该委员会对各企业征询调查的结果加以解说,由此可对日本先进企业的可靠性试验实施现状略见一斑。5.3节将简单提一下电子工业的状况。

第五章的5.4节特邀 梶谷幸先生(丰田汽车公司)执笔。对过去十年中有关汽车设备试验的文献作一调查和分析。而且特为选出三篇对读者有较大参考价值的论文,作为具体实例详细说明。

附录中提供读者一些有普遍参考价值的资料。

编写本书时引用到一些有关资料和事例,得到了日科技联可靠性研究委员会的各位成员的协助和丰田汽车公司以及三菱汽车公司的支持并认可,在此深表感谢。最后,感谢为编辑本书付出辛勤劳动的日科技联出版社编辑部的各位先生。

市田 高

1985年4月

## 缩 写 词 表

AGREE	电子设备可靠性咨询小组
BBM	试验板模型
EM	工程模型
ETT	预期试验时间
FMEA	故障模式影响分析
IC	集成电路
IEC	国际电工标准委员会
ISO	国际标准化机构
JIS	日本工业标准
LSI	大规模集成电路
MIL-STD	美国军用标准
MTBF	平均无故障工作时间
OC	工作特性
PM	样机模型
TAAF	试验、分析和改进

# 目 录

译序	(Ⅲ)
《可靠性技术丛书》出版序言	(V)
前言	(Ⅶ)
缩写词表	(Ⅸ)
第一章 绪论——任务和环境	(1)
1.1 设备和系统	(1)
1.2 设备、系统的可靠性特征	(2)
1.3 设备可靠性试验的概率模型	(3)
第二章 可靠性试验在可靠性管理中的地位	(6)
2.1 可靠性试验计划	(6)
2.2 可靠性试验管理	(7)
2.2.1 试验的实施计划	(7)
2.2.2 试验的实施	(9)
2.2.3 异常、故障的处理	(9)
2.2.4 试验结果的评定	(10)
2.3 分阶段实施的方法	(11)
第三章 环境试验	(13)
3.1 环境试验的必要性	(13)
3.2 环境条件	(16)
3.2.1 单一气候性环境参数	(17)
3.2.2 单一化学性环境参数	(19)
3.2.3 单一机械性环境参数	(21)
3.2.4 单一的电或电磁环境参数	(25)
3.2.5 野外气候条件分类	(25)
3.3 环境试验方法	(39)

3.3.1	单一环境应力为主的影响	(40)
3.3.2	零件试验和设备试验的差别	(40)
3.3.3	试验的程序	(45)
3.4	环境试验的进度计划	(48)
3.4.1	环境试验和现场的实际环境	(49)
3.5	实际的环境试验方法	(50)
3.5.1	实施环境试验时应注意的基本事项	(50)
3.6	标准化的环境试验规范	(54)
3.6.1	MIL-STD-202 F电子、电力元件的试验方法	(55)
3.6.2	MIL-STD-810D (1983)	(57)
3.6.3	IEC Pub. 68	(60)
3.7	各种环境试验方法的概要	(64)
3.7.1	温度、湿度试验和试验箱	(64)
3.7.2	振动冲击试验	(68)
第四章	设备可靠性试验和可靠性增长试验	(76)
4.1	设备可靠性试验的发展经过	(76)
4.1.1	起源于AGREE的试验方法	(76)
4.1.2	IEC的设备可靠性试验方法	(87)
4.1.3	可靠性研制试验与可靠性增长试验	(89)
4.2	可靠性试验MIL-STD-781C	(90)
4.2.1	定义	(90)
4.2.2	一般规定	(93)
4.2.3	详细规定	(105)
4.3	成功率的验证试验方案 (IEC Pub. 605-5)	(115)
4.3.1	目的	(115)
4.3.2	符号表	(115)
4.3.3	统计检验方案	(116)
4.3.4	截尾序贯试验	(116)
4.3.5	定数试验的检验方案	(121)

4.4	可靠性增长试验 (MIL-STD-1635)	(121)
4.4.1	范围	(121)
4.4.2	可靠性试验之前的准备要求	(121)
4.4.3	试验条件和应力等级	(122)
4.4.4	试验设备和设施	(122)
4.4.5	试验前和试验后的条件	(122)
4.4.6	性能试验	(122)
4.4.7	故障的记录、分析和改正措施系统	(123)
4.4.8	试验程序的评审	(123)
4.4.9	报告	(123)
4.4.10	详细规定	(123)
第五章	可靠性试验的动向和实例	(127)
5.1	前言	(127)
5.2	关于可靠性试验的动向	(128)
5.2.1	产品开发试验	(129)
5.2.2	批量产品的试验	(132)
5.2.3	单件订货产品的交货试验	(137)
5.2.4	外购零件、材料和外协件的试验	(138)
5.2.5	试验技术	(141)
5.3	电子工业的概况和实例	(146)
5.3.1	电子设备的可靠性	(146)
5.3.2	事例	(149)
5.4	汽车工业的概况和实例	(149)
5.4.1	前言	(149)
5.4.2	汽车的可靠性	(150)
5.4.3	汽车可靠性试验的最近发展趋势	(153)
5.4.4	实例1——盐蚀对车辆功能影响的试验 (环境试验)	(161)
5.4.5	实例2——复合环境下汽车排气管系统的强度试验 (复合环境试验)	(167)

5.4.6 实例3——汽车驱动系统强度试验(装置试验).....	(177)
参考文献 .....	(195)
附录	
一、可靠性试验方案 .....	(196)
二、设备可靠性试验的标准 .....	(196)
三、典型的环境条件 .....	(197)
汉英名词对照 .....	(229)
索引 .....	(230)

## 第一章 绪论——任务和环境

本书作为第10册“可靠性试验——概论·部件”一书的姐妹篇，介绍设备的可靠性试验和环境试验，说明其在可靠性管理中的作用，计划、实施程序和评定方法。

### 1.1 设备和系统

这里所说的设备，是指“由部件以及必要的总成、分总成和零件耦合或联接在一起的，单独就能完成完整的使用功能的研究对象”而言，相当于英语语词set或equipment。另外，本书中和设备同义，也用“机器”一词。

在电子工业中，将集成电路（IC）和大规模集成电路（LSI）等称作器件，有时译成设备。然而，本书将这些写成电子器件，以便区别于“设备”或“机器”。同时，书中还常常用到系统一词，这是指“为了完成规定的任务，由选定的，动作相互关联的一系列构成部分（硬件、软件、人员因素）配置，组合而成的研究对象”<sup>[1]</sup>。这里，硬件指设备或机器，软件指计算机程序，也包括操作使用和维修手册等。本书所研究的系统，系指人工的产物，其构成要素能明确定义的对象，例如，太阳系也是个系统，但是明确不是这里要研究的对象。还有，由人的功能作为构成要素的系统称作组织，也不属于本书所研究的范围。

## 1.2 设备、系统的可靠性特征

在实施设备可靠性试验计划时，须注意和零部件可靠性试验有以下差别。

### 1. 维修系统

对于开始使用后，通过维修可使故障修复的系统称作“维修系统”<sup>[1]</sup>。最近开发的家电产品一类设备，实际使用状态下的故障非常少，往往无须作为维修系统处理。然而，象办公用机器（复印机等）和生产设备以及运输机械等产品，多半是必须维修的。对于公共用的和国防用的大规模系统，则更要作为维修系统进行规划和设计。

此外，即使是按实际使用状态可以不作为维修系统处理的比较简单的设备，但是在开发期间中，须对几台样机的薄弱处不断进行边改进，边试验，所以还是应该作为维修系统的试验来考虑。这类试验称作研制试验或可靠性增长试验（参见第五章）。设备的可靠性试验标准，是以设备维修系统为前提制定的。在第1.3节中，将介绍设备可靠性试验的概率模型。

### 2. 任务概况

这已在第10册的第三章中加以说明，但是在系统开发时，须对此系统所完成的工作程序作详细的规定，以此进行系统的设计。例如，即使是银行的存款系统也因银行不同而异。家用的自动电饭锅、自动洗衣机、家用影视设备等，因产品所属公司不同而具有各自独特的任务概况。另一方面，如果零件的形状、尺寸、物理特性表示得很详细，则零件的作用或功能从开始就很明确。随着设备和系统趋于复杂化，其所完成的工作也越益专门化。因而，对于设备和系统的试验，



必须采取和专门任务概况一致的方法。

### 3. 环境概况

描述设备在完成任务过程中或是在运输、保管中所处的环境称作环境概况。在设备和系统中，这也应是产品所固有的性能。开发零件时，耐环境性的确定，一般是从当时的技术水平、生产能力出发规定环境水平的目标值。解决设备的环境概况和零件的耐环境性之间差距是通过整机设计方法加以弥补（采用热设计、缓冲设计等）。因而，可以说进行环境概况的模拟是设备试验的基本原则。

### 4. 故障模式

研究零件的故障模式对设备影响的FMEA<sup>[2]</sup>（故障模式和影响分析）方法，是进行整机设计的有效手段。然而，也有不是因零件故障引起的，而是整机设备所特有的故障，例如：

- （1）部件之间耦接不合适
- （2）部件之间的相容性问题
- （3）自动控制设备中的不稳定性
- （4）热设计、结构设计的错误
- （5）使用性（操作性）等人机工程设计的错误。

上述（2）的问题中，较多的是通信设备和电子设备中的电磁干扰。由（5）引起的故障，被看作人为故障，但是实际上大多是因设计的不完善引起的。

## 1.3 设备可靠性试验的概率模型

如果设备发生使用故障，则可经过维修再度使用。假定修好时刻的设备和新的设备完全一样，这样称作为更新。同样，使每次发生故障的设备更新的过程叫做更新过程<sup>[3]</sup>。