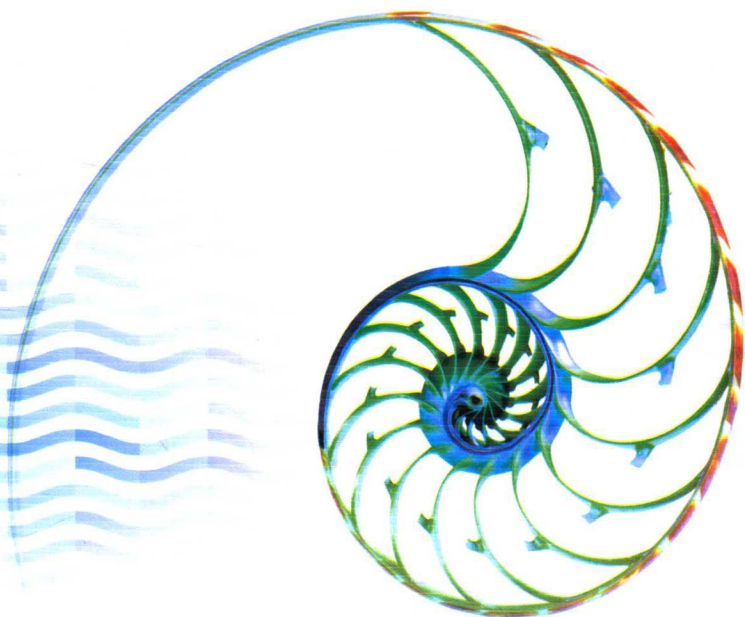


可靠性技术丛书

工业和信息化部电子第五研究所 组编



# 可靠性试验

◎ 胡湘洪 高军 李劲 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

# 可靠性试验

工业和信息化部电子第五研究所 组编

胡湘洪 高 军 李 劲 编著

编写组成员：丁小健 王远航 王学孔

李小兵 李 骞 何宗科

汪凯蔚 时 钟 沈峥嵘

张 蕊 胡 泊 黄创绵

彭照光 蔡自刚 潘广泽

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以可靠性试验为主线,系统全面地介绍了产品在研制和生产等各阶段所需用到的可靠性试验技术,对各类可靠性试验的试验目的、试验原理、试验方案与试验条件等进行了阐述,并结合案例对试验实施方法进行了详细说明。本书共7章,对设计阶段的可靠性仿真,研制和批产阶段的环境应力筛选,适用于研制各阶段的可靠性强化,用于产品定型的可靠性鉴定,面向复杂大系统的可靠性综合评价,面向高可靠、长寿命指标的加速试验与快速评价等多种试验方法均进行了系统的介绍。

本书适合于产品研发设计、生产制造、质量检测等方面的工程技术人员阅读,也可作为可靠性工程相关教学人员、认证和检测机构技术人员的参考用书,还可作为高等院校学生的教材。

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

可靠性试验 / 胡湘洪, 高军, 李劲编著; 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, 2015.10

(可靠性技术丛书)

ISBN 978-7-121-27246-2

I. ①可… II. ①胡… ②高… ③李… ④工… III. ①可靠性试验 IV. ①TB302

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第226013号

策划编辑: 张 榕

责任编辑: 韩玉宏

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 700×1000 1/16 印张: 16.25 字数: 327.6千字

版 次: 2015年10月第1版

印 次: 2015年10月第1次印刷

印 数: 3500册 定价: 58.00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 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto: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

编 委 (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“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“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！

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, located in the lower right quadrant of the page.

# 前言

## 《《《《 PREFACE

20 世纪 50 年代，随着国际社会对装备可靠性关注度的提高和研究工作的兴起，应东欧社会主义国家要求，履行相关国际责任，1955 年我国第一个可靠性专业机构——中国电子产品可靠性与环境试验研究所（现名“工业和信息化部电子第五研究所”，又名“中国赛宝实验室”），悄然成立于中国广州，翻开了我国可靠性事业的篇章。历经 60 年的风风雨雨，伴随着我国军工和工业装备业的成长，一代又一代赛宝人用自己的智慧和热血谱写着祖国的可靠性发展史。

我国自 20 世纪 60 年代引进可靠性技术以来，通过近 30 年的不断努力，于 20 世纪 90 年代初步形成了一套可靠性管理和技术体系，国防工业系统主管机关和相关部门陆续发布了一系列可靠性管理法规文件、技术标准和著作，可靠性工程越来越广泛、规范地应用于各个重要领域。特别是可靠性试验技术，在军工装备行业和重大工业装备领域得到了广泛应用。通过可靠性试验，装备可靠性水平显著提升，为我国一代又一代武器装备和工业产品研制与生产提供了有力保障。

1987 年，中国电子产品可靠性与环境试验研究所组织编写出版了“电子产品可靠性技术丛书”，其中包括《可靠性试验》一书。1999 年，电子工业质量与可靠性培训中心组织编写出版了“可信性丛书”，由中国电子产品可靠性与环境试验研究所专家负责撰写。在电子五所 60 周年所庆之际，为传播可靠性文化和技术，赛宝人组织编写了“可靠性丛书”，为广大管理工作者和技术工作者贡献自己的智慧、技术和经验。本书是“可靠性丛书”的重要组成部分之一。

可靠性试验既是检验产品可靠性水平的重要手段，也是发现产品可靠性问题的重要手段。我国可靠性技术的发展和从可靠性试验开始起步，逐步推广到可靠性设计分析和可靠性系统工程。自 20 世纪 80 年代我国民用和军用电子工业应用可靠性试验技术验证和提高产品可靠性水平以来，可靠性试验技术逐步得到大范围的推广和应用，到 20 世纪 90 年代形成了一套相应的可靠性试验技术标准，可靠性试验方法逐步得到完善和规范，包括环境应力筛选、可靠性增长试验、可靠性鉴定和验收试验。进入 21 世纪以来，针对越来越高的可靠性指标要求，经济高效的可靠性试验技术要求越来越突出，一批可靠性试验新技术不断成熟并逐步得到应用，包括可靠性仿真试验、可靠性强化试验、加速试验与快速评价、可靠性综合评价，更好

地满足了高可靠、快验证、大系统等更具有针对性的可靠性试验要求。

本书较全面地梳理和总结了电子五所多年来的科研成果和实践经验，是 30 多年来可靠性试验技术和经验的结晶。本书阐述了产品设计、研制、定型、生产等各阶段所需用到的可靠性试验技术，全面介绍了各项可靠性试验技术的基本方法、实践经验、应用案例和发展趋势，具有较强的系统性、较好的实用性和一定的前瞻性，通过相关案例介绍，有助于读者全面系统地掌握可靠性试验技术，并了解可靠性试验新技术。

全书共分成 7 章。第 1 章为可靠性试验概述，主要概述了可靠性试验目的、分类和各项可靠性试验技术，帮助读者初步了解整个可靠性试验技术的概貌。第 2 章为可靠性仿真试验，阐述了设计阶段所需的基于数字样机的可靠性仿真试验技术，包括理论基础、工作内容、过程及要求、仿真案例等，可为数字样机的设计改进提供指导。第 3 章为环境应力筛选，阐述了研制阶段和批产阶段可用的环境应力筛选方法，不但包括常规环境应力筛选方法，而且包括定量环境应力筛选方法，还包括近年来发展的高加速环境应力筛选新技术，可为研制阶段高效剔除缺陷和批产验收质量把关提供参考。第 4 章为可靠性强化试验，阐述了国际流行的可靠性强化试验的基本原理、设备特点、方案设计、实施方法及相关案例，可为现代高可靠要求产品缺陷快速激发、提升产品耐环境能力、提高产品设计和工艺成熟度提供指导。第 5 章为可靠性鉴定试验，主要用于设计定型或生产定型产品可靠性指标要求的验证，阐述了统计试验方案的选取、试验剖面的设计、试验的实施方法及相关注意事项，可为开展产品可靠性指标验证提供指导。第 6 章为可靠性综合评价，阐述了综合评价的基本思路、数据收集方法、准备工作，提供了基于内外场结合试验和基于研制过程信息的两类可靠性综合评价方法，给出了相关应用案例，可为复杂大系统的可靠性指标回答提供参考。第 7 章为加速试验与快速评价，主要面向高可靠、长寿命指标要求产品考核的需要，充分利用加速试验理论和技术方法，提出了整机加速试验与快速评价的整体解决方案，给出了相关应用案例，可为长寿命指标的评价提供指导，也可为可靠性指标的快速验证提供参考。

本书不但可供可靠性专业人员学习，还可为从事产品研发设计、生产制造、质量检测等相关工作的广大管理人员和工程技术人员提供指导和参考。我们相信，本书的出版对大家学习和应用可靠性试验技术会有一定帮助作用，也将促进我国军民行业可靠性技术进步和产品可靠性水平的提升。

工业和信息化部电子第五研究所  
可靠性与环境工程研究中心  
2015 年 6 月



# 目录

## CONTENTS

第 1 章 可靠性试验概述	(1)
1.1 可靠性试验目的	(1)
1.2 可靠性试验工作项目	(2)
1.3 可靠性试验分类	(4)
1.3.1 按试验场地分类	(4)
1.3.2 按施加应力的原则分类	(6)
1.3.3 按应用阶段分类	(6)
1.3.4 按试验的目的和性质分类	(6)
1.4 可靠性研制试验	(7)
1.4.1 可靠性研制试验特点	(8)
1.4.2 可靠性研制试验发展	(8)
1.4.3 可靠性研制试验应用对象	(9)
1.4.4 可靠性研制试验应用时机	(9)
1.4.5 可靠性研制试验所用的应力	(9)
1.4.6 可靠性研制试验的工作要点及注意事项	(10)
1.5 可靠性定型试验	(10)
1.5.1 可靠性设计定型试验	(10)
1.5.2 可靠性生产定型试验	(12)
1.6 寿命试验	(14)
1.6.1 试验依据	(14)
1.6.2 适用范围与适用时机	(14)
1.6.3 产品寿命参数	(14)
1.6.4 产品寿命试验分类及方法	(15)
1.6.5 试验室使用寿命试验	(15)
1.6.6 综合验证试验法	(16)
1.7 可靠性试验新技术	(20)
1.7.1 可靠性强化试验	(20)
1.7.2 可靠性加速试验	(22)

参考文献	(26)
<b>第 2 章 可靠性仿真试验</b>	(27)
2.1 可靠性试验目的	(27)
2.2 可靠性仿真试验理论	(28)
2.2.1 有限元法仿真理论	(29)
2.2.2 故障预计仿真实论	(35)
2.3 可靠性仿真试验工作内容	(37)
2.4 可靠性仿真试验软硬件要求	(38)
2.4.1 CAD 模型建模软件要求	(38)
2.4.2 CFD 模型建模软件要求	(39)
2.4.3 FEA 模型建模软件要求	(39)
2.4.4 故障预计建模软件要求	(39)
2.5 可靠性仿真试验过程及要求	(40)
2.5.1 可靠性仿真产品信息收集	(40)
2.5.2 数字样机建模	(40)
2.5.3 应力仿真分析	(46)
2.5.4 故障预计仿真分析	(48)
2.5.5 可靠性评价	(48)
2.6 可靠性仿真试验应用案例	(51)
2.6.1 仿真试验对象简介	(51)
2.6.2 CFD 数字样机建模	(52)
2.6.3 FEA 数字样机建模	(53)
2.6.4 模型修正与验证	(55)
2.6.5 应力仿真分析结果	(55)
2.6.6 故障预计仿真分析	(64)
2.6.7 可靠性评价	(66)
2.6.8 试验结论	(66)
参考文献	(66)
<b>第 3 章 环境应力筛选</b>	(67)
3.1 环境应力筛选概述	(67)
3.1.1 环境应力筛选基本概念	(67)
3.1.2 环境应力筛选基本特性	(68)
3.1.3 环境应力筛选分类	(69)
3.2 环境应力筛选应力及剪裁	(70)
3.2.1 主要筛选应力介绍	(70)

3.2.2	振动应力量值的剪裁	(71)
3.3	常规筛选	(77)
3.3.1	适用标准	(77)
3.3.2	一般要求	(77)
3.3.3	筛选应力条件	(78)
3.3.4	一般实施过程	(81)
3.3.5	应用案例	(85)
3.4	定量筛选	(94)
3.4.1	定量筛选适用标准	(94)
3.4.2	定量筛选参数及实施	(95)
3.4.3	定量筛选典型筛选应力及筛选强度	(97)
3.4.4	环境应力筛选加速效应分析	(102)
3.4.5	小结	(108)
3.5	高加速应力筛选	(108)
3.5.1	传统筛选技术面临的问题	(108)
3.5.2	高加速应力筛选特点	(110)
3.5.3	高加速应力筛选试验设备特征	(111)
3.5.4	高加速应力筛选方案设计	(112)
3.5.5	高加速应力筛选实施注意事项	(117)
3.5.6	高加速应力筛选应用案例	(118)
	参考文献	(121)

## 第4章 可靠性强化试验 (122)

4.1	可靠性强化试验概述	(122)
4.2	可靠性强化试验基本原理	(122)
4.3	可靠性强化试验设备特点	(124)
4.4	可靠性强化试验方案设计	(125)
4.4.1	受试产品要求	(125)
4.4.2	试验应力的选择	(126)
4.4.3	应力极限	(128)
4.4.4	试验剖面设计	(129)
4.5	可靠性强化试验的实施	(131)
4.5.1	试验前准备工作	(133)
4.5.2	试验执行	(134)
4.5.3	试验记录及故障处理	(144)
4.5.4	试验后工作	(146)

4.6	可靠性强化试验应用案例	(147)
4.6.1	受试产品介绍	(147)
4.6.2	试验方案设计	(147)
4.6.3	试验的实施	(148)
4.6.4	试验结果	(151)
4.7	小结	(153)
	参考文献	(154)
<b>第5章</b>	<b>可靠性鉴定试验</b>	<b>(155)</b>
5.1	可靠性鉴定试验概述	(155)
5.2	可靠性鉴定试验方案设计	(155)
5.2.1	统计试验方案分类	(155)
5.2.2	统计试验方案原理	(156)
5.2.3	试验方案选取原则	(158)
5.2.4	统计方案参数的确定	(158)
5.3	可靠性鉴定试验剖面设计	(160)
5.3.1	剖面设计基本原则	(161)
5.3.2	剖面设计流程	(161)
5.3.3	确定试验剖面的方法	(162)
5.3.4	利用实测数据设计剖面的要点	(166)
5.3.5	试验剖面案例	(169)
5.4	可靠性鉴定试验实施	(170)
5.4.1	可靠性鉴定试验流程	(170)
5.4.2	试验前准备工作	(170)
5.4.3	试验执行	(173)
5.4.4	试验后工作	(176)
5.4.5	故障分析与处理	(176)
5.4.6	试验数据处理	(178)
5.5	可靠性鉴定试验注意事项	(181)
<b>第6章</b>	<b>可靠性综合评价</b>	<b>(182)</b>
6.1	可靠性综合评价概述	(182)
6.2	多源可靠性数据收集	(184)
6.2.1	信息收集范围	(184)
6.2.2	信息质量要求	(185)
6.2.3	信息收集过程	(185)
6.2.4	信息传递	(185)

6.2.5	信息分析	(186)
6.2.6	信息审核	(186)
6.2.7	信息有效性确认	(186)
6.2.8	获取的多源可靠性数据	(187)
6.3	可靠性综合评价的准备工作	(187)
6.3.1	产品寿命分布函数的确定	(187)
6.3.2	数据充分度的确定	(188)
6.3.3	信息环境因子评价	(188)
6.4	可靠性综合评价方法	(189)
6.4.1	基于内外场结合试验的可靠性综合评价	(189)
6.4.2	基于研制过程信息的可靠性综合评价	(192)
6.5	可靠性综合评价案例	(197)
6.5.1	基于内外场结合试验	(197)
6.5.2	基于研制过程信息	(202)
6.6	小结	(203)
<b>第7章</b>	<b>加速试验与快速评价</b>	<b>(204)</b>
7.1	加速试验概述	(204)
7.2	加速试验目的与分类	(205)
7.2.1	加速试验目的	(205)
7.2.2	加速试验分类	(205)
7.2.3	加速试验技术核心	(205)
7.3	整机加速试验与快速评价整体解决方案	(207)
7.3.1	整机历史数据统计分析方法	(208)
7.3.2	关键件加速试验技术	(218)
7.3.3	板级电路寿命特征检测分析方法	(226)
7.3.4	元器件寿命特征检测分析方法	(228)
7.4	整机加速试验与快速评价应用案例	(230)
7.4.1	整机历史数据统计分析	(231)
7.4.2	关键件加速试验	(233)
7.4.3	板级电路寿命特征检测分析	(237)
7.4.4	元器件寿命特征检测分析	(238)
7.4.5	整机可靠性综合分析	(242)
7.4.6	整机使用寿命结论	(243)
	参考文献	(243)

# 第1章

## 可靠性试验概述

### 1.1 可靠性试验目的

可靠性试验是通过施加典型环境应力和工作载荷的方式，用于剔除产品早期缺陷、增长或测试产品可靠性水平、检验产品可靠性指标、评估产品寿命指标的一种有效手段。可根据需要达到的目的，在产品的设计、研制、生产和使用阶段，开展不同类型的可靠性试验。

可靠性试验是对产品的可靠性进行调查、分析和评价的一种手段。它不仅仅是为了用试验数据来说明产品可靠性（可以接受或拒收、合格与不合格等），更主要的目的是对产品试验中发生的每一个故障的原因和后果都要进行细致的分析，并且应该研究可能采取的有效纠正措施。可靠性试验主要有以下3个方面的作用。

(1) 发现产品在设计、元器件、零部件、原材料和工艺等方面的各种缺陷。产品的可靠性是设计出来的，因此实现产品可靠性的关键首先是充分利用各种可靠性设计和分析技术对产品进行严格设计。但即便是经验丰富的、功底深厚的设计师设计的产品也难免存在缺陷，而这些缺陷仅靠设计师的设计分析、已有经验教训并无法确保都能找出来，即便采取常温测试、通电老炼、环境试验等常规检测手段，也仍然有不少缺陷无法暴露出来。只有通过可靠性试验施加长时间的各类试验应力才能充分暴露出来。整个产品研制过程都伴随着试验—分析—改进的反复迭代过程（即 TAAF 过程）。可靠性试验对于发现产品在设计、元器件、零部件、原材料和工艺等方面的缺陷具有不可替代的作用。

(2) 确认是否符合可靠性定量要求或评价产品的可靠性水平。从确定装备可靠性是否符合合同要求和了解产品装备研制过程中可靠性变化情况以进行相应决策的需要出发，验证研制生产的产品的可靠性水平是一件最为基本的、必不可少的工作。在对产品进行设计定型或工艺定型时，必须知道产品的可靠性水平是否已符合



合同中的规定值或最低可接受值，以便为做出通过设计定型转入批生产的决策提供依据。这就意味着要对产品进行可靠性鉴定试验，从而对设计定型进行把关，以防止可靠性设计欠佳、固有可靠性没有达到合同规定的要求的产品转入批生产。同样，在产品投入批生产以后，对拟出厂的产品也要抽样进行可靠性验收试验，以防止受制造和工艺过程偏离的影响而达不到规定可靠性要求的产品交付用户。无论是可靠性鉴定试验还是可靠性验收试验，通常是在实验室试验环境条件可控制的情况下进行的，其施加的环境应力往往能覆盖和代表全寿命周期、使用区域范围内、各项典型任务状态下承受的环境。在许多货架产品的投标竞争过程中，往往需要通过可靠性试验来对参与竞争的产品在未来使用环境中的可靠性水平作出相应评价或比较，实验室可靠性试验也是一个评价手段。现场使用中进行的使用可靠性试验也是验证产品可靠性的一个重要手段，这种验证是在真实的使用环境中进行的，因此在有条件的情况下专门组织安排使用可靠性试验进行外场验证是十分必要的。当产品交付用户后，应通过有计划地收集产品使用期间的可靠性数据，甚至组织专门的试验即可靠性试验或外场可靠性试验，来评估产品在使用条件下达到的可靠性。实际上，单靠搜集产品的各种数据来对产品的使用可靠性进行评估往往是很困难的，由于收集数据的时间往往很长，数据的准确性和代表性难以控制和覆盖，现场环境条件无法控制，现场工作状况难以控制，有限的现场试验也无法充分验证产品的可靠性水平。因此，实验室试验和现场使用试验各有利弊，互为补充地成为验证产品可靠性水平的重要手段。

(3) 提供其他各种有用信息。如前所述，试验是获取产品信息的过程。各种可靠性试验特别是可靠性研制试验中，还可获取产品对应力的响应特性信息、产品薄弱环节信息和产品性能变化趋势、产品寿命信息等。这些信息能够使人们对产品的特性有更为全面的了解，从而有助于产品的完好率、可用度和任务成功性的评估和改善，其他使用环境的选择和确定，产品研制过程后续试验大纲的设计，产品的备件和维修计划制订，保障资源的分配及后续产品的研制。

## 1.2 可靠性试验工作项目

按 GJB 450A 《装备可靠性工作通用要求》的规定，可靠性试验共分为 6 个工作项目，如图 1.1 所示。各类可靠性试验工作项目的目的、适用对象和适用时机如表 1.1 所示。

除 GJB 450A 规定的可靠性试验工作项目外，从当前可靠性试验技术发展与应用的趋势看，可靠性研制试验包括可靠性仿真试验、可靠性测定试验、可靠性摸底增长试验等。可靠性仿真试验是利用数字样机进行建模仿真，分析产品的热、振动

应力，采用失效物理方法进行故障预计。在没有可靠性指标要求的情况下，通过开展可靠性测定试验了解产品的可靠性水平。可靠性摸底增长试验是通过施加极限应力以更充分地暴露问题并进行改进促进产品可靠性增长，它不评估产品可靠性水平，重在问题发现和实施改进。

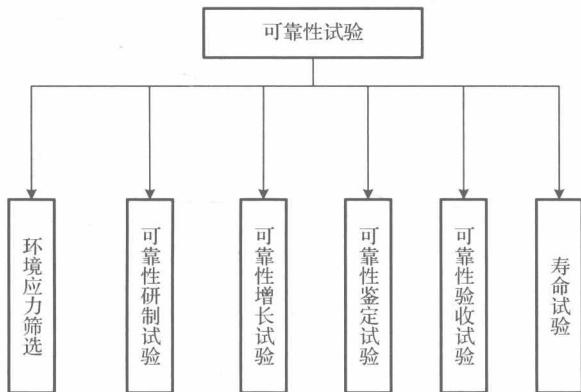


图1 GJB 450A 规定的可靠性试验工作项目

表 1.1 各类可靠性试验工作项目的目的、适用对象和适用时机

工作项目	目的	适用对象	适用时机
环境应力筛选	在产品交付使用前发现和排除不良元器件、制造工艺和其他原因引入的缺陷造成的早期故障	主要适用于电子产品（包括元器件、组件和设备），也可用于电气、机电、光电和电化学产品	产品的研制阶段、生产阶段和大修过程
可靠性研制试验	通过对产品施加适当的环境应力、工作载荷，寻找产品中的设计缺陷，以改进设计，提高产品的固有可靠性水平	适用于电子、电气、机电、光电、电化学产品和机械产品	产品研制阶段的前期和中期
可靠性增长试验	通过对产品施加模拟实际使用环境的综合环境应力，暴露产品中的潜在缺陷，并采取纠正措施，使产品的可靠性达到规定的要求	适用于电子、电气、机电、光电、电化学产品和机械产品	产品研制阶段的中期，产品的技术状态大部分已经确定
可靠性鉴定试验	验证产品的设计是否达到规定的可靠性要求	主要适用于电子、电气、机电、光电、电化学产品和成败型产品	产品设计定型阶段，同一产品已通过环境应力筛选，同批产品已通过环境鉴定试验，产品的技术状态已经固化





续表

工作项目	目的	适用对象	适用时机
可靠性验收试验	验证批生产产品的可靠性是否保持在规定的水平上	主要适用于电子、电气、机电、光电、电化学产品和成败型产品	产品批生产阶段
寿命试验	验证产品在规定条件下的使用寿命、储存寿命是否达到规定的要求	适用于有使用寿命、储存寿命要求的各类产品	产品设计定型阶段，产品已通过环境鉴定试验，产品的技术状态已经固化

在产品的不同研制阶段，可根据预期要达到的目标，选择开展对应的可靠性试验项目。由此可见，明确可靠性试验的目的对如何选取可靠性试验项目及如何设计可靠性试验方案具有指导性和决定性的作用。

## 1.3 可靠性试验分类

按试验场地、施加应力的原则、应用阶段、试验的目的和性质等各种不同的分类原则，可将可靠性试验分为不同的类别。

### 1.3.1 按试验场地分类

按试验场地分类，可靠性试验可分为实验室可靠性试验（简称实验室试验）和现场使用可靠性试验（简称现场使用试验）两大类。实验室可靠性试验是在实验室中模拟产品实际使用、环境条件，或实施预先规定的工作应力与环境应力的一种试验。现场使用可靠性试验是利用产品在现场使用进行数据收集和评估产品可靠性的一种试验。

可靠性试验可以在实验室进行，也可以在现场进行，以获得所需的信息，以对产品的初始使用可靠性和后续使用可靠性进行评估。

现场使用试验是在真实的现场环境中进行的，其环境应力、负载、接口、操作、维修及测量和记录等各因素均较真实，试验结果应能更准确地代表实际使用的可靠性水平。但是，这种试验的实施比较困难，主要问题是环境应力无法控制，特别是极限应力往往无法考核。正是基于现场试验条件的不可控性、试验结果的不及及时性和改进产品可靠性的不现实性等情况，可靠性试验工作项目中尚没有规定现场使用试验工作项目，仅规定了实验室可靠性试验工作项目。与现场使用试验相比，实验室可靠性试验有如下优点。