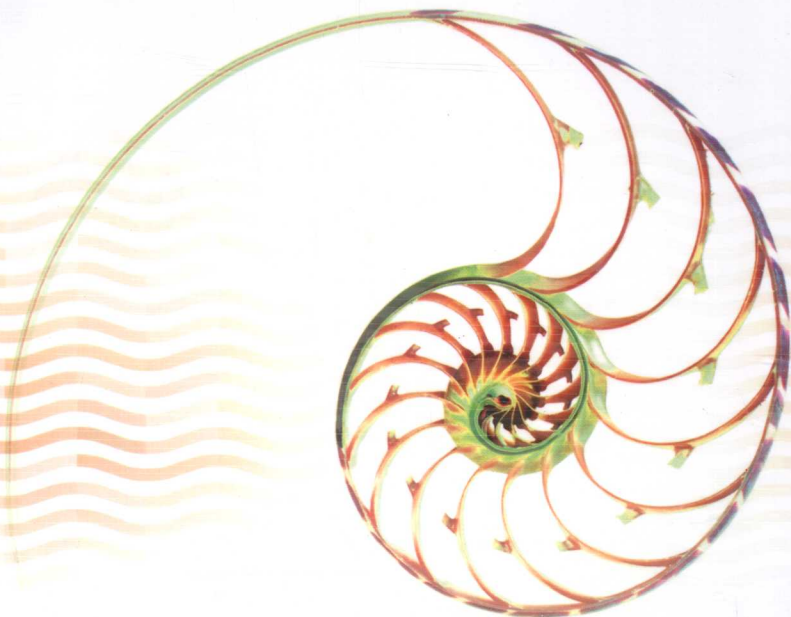


可靠性技术丛书


工业和信息化部电子第五研究所 组编



可靠性管理

◎ 主 编 汪修慈
◎ 副主编 刘国俊 胡雄锋 林 宁

 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

可靠性管理

工业和信息化部电子第五研究所 组编

主 编 汪修慈

副主编 刘国俊 胡雄锋 林 宁

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书重点介绍了对国际上最新发布有关可信性（可靠性）管理和应用指南标准的理解，以及可信性（可靠性）管理体系建设思路，简要介绍了常见可靠性工程技术和任务知识，详细介绍了可靠性管理工作者在日常工作中涉及的知识，如可靠性计划、可靠性评估、元器件可靠性管理、软件可靠性管理、可靠性工作成熟度评价等。

本书适合可靠性管理人员和质量管理人员阅读参考，也可作为大专院校质量管理和可靠性相关专业师生的参考资料。

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

可靠性管理/汪修慈主编；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 978-7-121-27269-1

I. ①可… II. ①汪… ②工… III. ①可靠性管理 IV. ①TB114.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 227479 号

策划编辑：张 榕

责任编辑：张 榕 文稿编辑：张 楠

印 刷：北京天来印务有限公司

装 订：北京天来印务有限公司

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：720×1 000 1/16 印张：13.75 字数：179 千字

版 次：2015 年 10 月第 1 版

印 次：2015 年 10 月第 1 次印刷

印 数：3 500 册 定价：48.00 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，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。

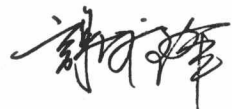
高质量是先进技术和优质管理高度集成的结果。提升制造业产品质量，要坚持从源头抓起，在产品的设计、定型、制造的全过程中按照先进的质量管理标准和技术要求去实施。可靠性是产品性能随时间的保持能力。作为衡量产品质量的重要指标，可靠性管理也充分体现了现代质量管理的特点。《中国制造2025》提出要加强可靠性设计、试验与验证技术开发应用，使产品的性能稳定性、质量可靠性、环境适应性、使用寿命等指标达到国际同类产品先进水平，就是要将可靠性技术作为核心应用于质量设计、控制和质量管理，在产品全生命周期各阶段，实施可靠性系统工程。

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！



前言

《《《《 PREFACE

从本质上讲，可靠性提升工作就是企业核心能力提升的综合反映。可靠性提升是一个需要企业领导和员工投入心力的长期过程，良好的策划、有序实施的可靠性管理和质量管理可以大大提升组织积累知识、获取能力、改进创新的效率。日、韩企业在这方面的作为，在二十世纪七八十年代就被誉为“东方奇迹”，对照一下起步条件，我国企业确实没理由较之逊色。做好可靠性管理，应用好各种适于自身产品的暴露问题、收集数据、正确分析工具，提升企业积累知识和核心能力的效率，应是我国当代可靠性工作者重点关注的问题。

随着 IT 技术的广泛应用，各主要工业国都在探索未来工业提升的途径，正所谓“山雨欲来风满楼”，各国都在提出自己的智能化产业升级战略，如德国的工业 4.0，美国的先进制造业，中国的两化融合等。直接关系到企业核心能力建设的各项专业工作，如可靠性工作等，也面临机遇和挑战。

过去，我国可靠性管理工作主要在国防工业领域有所应用，应用方式基本遵循各类可靠性大纲标准，对适用要求在本组织予以展开，形成本组织的管理程序和计划。实际上，这种依据标准条文要求逐步展开、建立自身管理体系/可靠性大纲的方式对工业化初期缺乏先进企业管理和技术经验的我国广大企业而言，不失为一种快速构建自身管理体系和提供质量信任度的捷径。但由于照搬套用成分较重，大部分企业基本能达成的水平是“形式很完备，保证有证据，改进没活力”，

做得不好就是两张皮。类似于我国目前的应试教育，虽然好过不读书，但也难以培育出大师来。

产品生命周期管理（PLM）概念在 IEC TC56 的可靠性管理相关标准中提出，并已随 IT 时代的来临而构成企业信息化的四大系统（SCM、CRM、ERP、PLM）之一，由于其主要是面向产品开发的系统，可靠性工作常常被视为 PLM 的基本组成子集，因此，可靠性工作者应根据标准宗旨，调整工作思路，使可靠性工作与时俱进，能真正贡献于我国工业核心能力的提升。

2014 年，IEC TC56 基于全球工业升级换代的背景，发布了 IEC 60300-1:2014 可信性管理指南标准，本版标准的最大特点，在于强调可信性工作与组织业务流程的融合，要以企业产品生命周期管理为主线，策划生命周期各阶段的可信性大纲活动。本书对本版标准关于组织可信性工作在这方面的内容进行了初步介绍。

若要切合实际地建立和推行以产品生命周期管理为主线的可靠性大纲，还需要可靠性管理人员对本组织产品可能适用的可靠性工具、方法、程序、任务有必要的了解，因此本书也根据所了解的企业可靠性管理人员职责需求，对这些知识进行简单介绍。

如何建立一个适应智能化生产时代的可信性管理体系，对我们每个人而言都是一个值得探索的课题。本书只是针对国际可靠性学术组织近期文献的总结与理解，可供国内同行参考。本书由工业和信息化部电子第五研究所赛宝认证中心组织有关技术人员编写，编写人员包括：汪修慈（第 1 章、第 2 章、第 4.7~4.8 节、第 5 章）、胡雄锋（第 3 章）、刘国俊（第 4.1~4.6 节、第 7 章）、林宁（第 6 章），此外，赵国祥负责全书组织和策划工作；纪春阳、张增照、赵国祥、张德平、罗道军、吴双庆等同志参与了本书有关章节的审订，提出了许多有价值的意见；张颖承担了本书的汇稿编辑工作。在本书编写过程中，参

阅了诸多同行发布的文献资料，在此表示感谢。

在本书的编纂过程中，我们也深感在这个历史性变革的关口，面对新工业时代可靠性工作的巨大机遇和挑战，我们的知识和经验是有限的，本书只是我们的一点初步理解，肯定有许多理解不当和谬误之处，敬请读者批评指正。

编 者

目录

CONTENTS

第 1 章 可靠性管理基础概念	(1)
1.1 可靠性概念	(1)
1.2 可信性概念	(2)
1.3 可靠性(可信性)管理标准	(3)
1.4 可靠性工作的组织结构和可靠性职能	(7)
1.5 组织可靠性职能的职责	(9)
1.6 可靠性职能的能力要求	(10)
1.7 可靠性职能工作的一些良好实践和成功因素	(11)
第 2 章 可信(靠)性管理体系	(13)
2.1 可信性管理体系概述	(13)
2.2 可信性管理体系的构建特点	(14)
2.3 可信性管理体系的组成要素	(17)
2.3.1 可信性方针和目标	(17)
2.3.2 可信性管理体系	(19)
2.3.3 可信性大纲	(26)
2.4 可信性管理体系的建立	(34)
第 3 章 产品生命周期和可靠性大纲任务/活动	(40)
3.1 产品生命周期	(40)
3.1.1 产品生命周期各阶段的划分	(40)
3.1.2 产品生命周期各阶段的可靠性活动	(44)
3.1.3 产品生命周期费用	(49)
3.2 可靠性大纲任务	(53)
3.3 可靠性大纲活动	(74)
3.3.1 公用产品	(74)
3.3.2 工业产品	(75)
3.3.3 军用产品	(78)

第 4 章 可靠性管理职能的主要业务工作	(81)
4.1 可靠性工作计划的确定.....	(81)
4.1.1 概述.....	(81)
4.1.2 组织制订可靠性工作计划的作用.....	(82)
4.1.3 制订可靠性工作计划时需要考虑的一般因素.....	(82)
4.1.4 可靠性工作计划的基本构成.....	(83)
4.1.5 应该确定的事项.....	(84)
4.1.6 可靠性工作计划的剪裁标准及导则.....	(84)
4.1.7 可靠性工作计划剪裁涉及的内容.....	(85)
4.1.8 可靠性工作计划的评审.....	(86)
4.2 可靠性要求的确定.....	(88)
4.2.1 概述.....	(88)
4.2.2 管理要求的定义.....	(89)
4.2.3 产品要求的分析与确定.....	(90)
4.2.4 可靠性要求的分类.....	(91)
4.2.5 产品要求的评审.....	(93)
4.2.6 管理要求的变更程序.....	(94)
4.3 可靠性分析方法的介绍.....	(96)
4.3.1 概述.....	(96)
4.3.2 通用的可靠性分析程序.....	(98)
4.3.3 可靠性分析方法及常规用途.....	(99)
4.3.4 可靠性分析方法的优缺点.....	(101)
4.4 设计过程中的可靠性管理.....	(105)
4.4.1 概述.....	(105)
4.4.2 可靠性设计准则的制订与贯彻.....	(108)
4.5 生产和使用过程中的可靠性管理.....	(113)
4.5.1 生产过程中的可靠性工作.....	(113)
4.5.2 使用过程中的可靠性工作.....	(115)
4.6 可靠性结果评价的管理.....	(116)
4.6.1 概述.....	(116)
4.6.2 建立故障报告、分析和纠正措施系统 (FRACAS).....	(117)
4.6.3 可靠性评审.....	(120)
4.6.4 环境应力筛选.....	(128)
4.6.5 可靠性增长管理.....	(131)

4.6.6	可靠性鉴定与验收试验	(134)
4.6.7	外场可靠性试验	(137)
4.6.8	制订试验计划	(139)
4.7	可靠性数据和知识管理	(139)
4.7.1	可靠性数据	(139)
4.7.2	知识管理	(145)
4.8	可靠性培训教育	(149)
第 5 章	元器件和供应链的可靠性管理	(152)
5.1	供应链可靠性管理的作用	(152)
5.2	供应链元器件/材料可靠性管理的措施	(153)
5.2.1	应用元器件	(153)
5.2.2	选择元器件	(155)
5.2.3	鉴定元器件	(156)
5.2.4	持续质量保证	(157)
5.2.5	设备制造过程兼容性	(158)
5.2.6	元器件数据	(158)
5.2.7	沟通	(159)
5.3	第三方质量认证在供应链可靠性管理中的作用	(160)
第 6 章	可靠性管理在软件方面的应用	(163)
6.1	软件可靠性概述	(163)
6.1.1	软件的可靠性定义	(164)
6.1.2	软件的失效机理	(164)
6.1.3	软件可靠性的管理技术	(166)
6.2	软件可靠性管理要求	(166)
6.2.1	可靠性计划和管理	(167)
6.2.2	可靠性需求	(168)
6.2.3	设计控制	(170)
6.2.4	供应链管理	(172)
6.2.5	分析、预测和评价	(173)
6.2.6	验证、确认及测试	(176)
6.2.7	运行和维护支持规划	(179)
6.2.8	提升和改进	(180)
6.2.9	经验反馈	(181)

第 7 章 组织可靠性的成熟度评价	(182)
7.1 概述	(182)
7.2 组织可靠性实践活动的分类及作用	(183)
7.3 组织可靠性的评价准则	(186)
7.4 组织可靠性能力评价的实施	(193)
7.5 组织可靠性能力评价的注意事项	(194)
附录 A 设备可靠性设计准则 (示例)	(196)
A.1 新技术采用准则	(196)
A.2 简化设计准则	(196)
A.3 热设计准则	(197)
A.4 容差设计准则	(198)
A.5 机械环境设计准则	(199)
A.6 电磁兼容设计准则	(200)
A.7 安全性设计准则	(201)
A.8 性能稳定型设计准则	(202)
A.9 电子元器件选择准则	(202)
A.10 降额设计准则	(204)
参考文献	(206)

第1章

可靠性管理基础概念

1.1 可靠性概念

可靠性的一般定义是：某事物在规定条件下和规定时间间隔内，完成其期望功能的概率或能力。

至少从管控的角度看，吉村达彦博士在其《丰田生产方式事故预防法》一书中对可靠性和质量的解释很简明，即质量是初期质量（时间轴上的零点）与一段时间后质量（可靠性）的综合。而正是这个多了对时间维度的考量，并伴随着某种程度的不确定性，使可靠性成为质量工作中一个必须予以特别关注的特性对象。

产品出厂质量（初期质量）通常表征为产品符合技术规范的程度，如产品出厂时经检验符合规范，就是合格品，隐含意味着产品质量是“好的”。

但规范本身是否真正反映了产品使用要求，能否适应实际使用环境和负荷应力？是否会因腐蚀、疲劳、磨损或其他累积损伤机理而很快失去正常功能？是否会受其他诱发因素或与系统其他部分的相互作



用而失去功能？失去功能后的影响如何？保修期内有多少正常工作？3年后能有多少正常工作？诸多问题，都是可靠性工作的对象。

近代工业实践已表明，制造阶段一般并不能提升产品的固有可靠性，而产品出厂后再进行可靠性改进是困难的。解决这些问题的技术措施基本体现在产品设计阶段，这些技术措施包括大量经验、知识、数据、分析工具、试验手段的应用，以尽可能快的进度，尽可能少的花费，尽可能全面、精准地找到各种可能发生问题的原因，并采取可证实的有效措施加以预防或排除。可靠性工作最大的失败，就是“用了精心制订的措施解决错误的问题”，因此，就更需要有科学、合理、有序的策划和管理，方可确保可靠性工作以经济有效（Cost Effective）的方式实施。

1.2 可信性概念

在 IEC/TC56 的概念中，可靠性处理的是一个产品在一定时间周期内无故障运行其期望功能的问题，是随机失效的概率度量。随机失效可能发生在顾客使用的第一个小时，也可能发生在产品寿命末期的最后一个小时，除非产品失效时有自愈功能，否则总要有某种外力介入使之维持运行，因此，若在产品技术规范中只考虑可靠性，有可能会造成过高的维修成本，还需全面考虑产品的可维修性、保障性等问题。

在 IEC 60050-191:2014 中，可用一个集合术语“可信性”来描述产品（项目）与时间相关的质量特性，包括可靠性、可维修性、可恢复性、可保障性、可用性，以及在某些情况下，还包括安全性和耐久性，并定义为“产品（项目）在需要时按要求运行的能力”。可信性作

为一种保证功能，提供了对产品质量在特定应用中所需时间相关性能的测度。这里的产品（项目）包括了系统、服务等类别。1990年IEC/TC56在它的315号文件中借用了IEC/TC50的术语“可信性”代替传统的“可靠性”，此后可信性概念在国际上得以广泛使用，并成为“广义可靠性”的代名词。

在可信性的组成成分中，控制和提升可靠性是首要的，因可靠性估计本身常带有很大的不确定度，所以它是影响可用性的主要因素，若可靠性失控，则维修性和保障性再好也会出现很大问题，如维修人员顾此失彼、备件或短缺或过剩、后勤混乱、工具设施短缺、不必要的翻新、复杂化的配置管理成本等，而且经常由于维修诱发失效的“多米诺效应”，造成更多不可靠问题，若先采取措施来预防问题发生，则这些后续问题都不存在。

1.3 可靠性（可信性）管理标准

二战时期，大量装备主要由电子部件失效和机械疲劳等引发的不可靠现象，促使美国军方于20世纪40年代着手采取质量控制和可靠性措施进行预防，从而推动了可靠性工程学科的形成。

二战以来，各国可靠性工作者结合科学技术发展、军民工业中的各种经验教训，以及各种最佳实践，开发、总结、提炼了许多很有价值的可靠性工具、方法、数据库和标准，使可靠性工程成为一门有理论支持、有实践规则，也有很多亟需探索课题的工程科学技术。70多年来，可靠性科学要面对的对象由单一硬件发展到由硬件、软件、网络等组成的复杂系统；分析手段由人力手工搜索数据分析发展到大量依靠计算机模拟、计算机分析、计算机网络知识库支持；试验手段由



主要为验证试验发展到通过 HALT、HASS 等手段在早期暴露问题，提升可靠性的研制开发试验；性能数据由简单可靠性指标发展到为各种剖面下最佳运行维护成本提供决策依据。总之，面对种种因素的复杂化趋势，必须建立一种规范化且便于各方理解的管理机制，才能确保组织高效率地开展自己的可靠性工作，使自己的组织在可靠性方面投入的资源产生最佳的回报，也建立顾客对其所获产品长期质量的信任，增强竞争地位。

为了决定研制和生产军用系统时产品可靠性的管理重点，美国国防部代表机构于 1965 年发布了著名的 MIL-STD-785 标准——可靠性大纲（系统和设备）要求，该标准提出了军品承制可靠性大纲的通用要求和详细要求，其中详细要求部分以 20 个要素的方式列出了保证有效管理可靠性大纲的工作要求，本标准应该说是可靠性管理工作的奠基标准。MIL-STD-785 标准于 1980 年升级为 MIL-STD-785B 标准，该版标准在结构上进行了合理化调整，标准内容分为要求和指南两部分，充实和澄清了各项管理任务的信息，是一个操作性很好的标准，也构成了各国制定军用可靠性管理标准的主要参考依据，如我国军用标准“装备研制与生产可靠性通用大纲”GJB 450-88。自 20 世纪 90 年代，美国国防部调整采购政策以来，更多地采购商业现货产品，淡化对供应商必须按某种方式实施控制和必须实施某种分析技术的要求，采购选择以“performance based”方法进行。MIL-STD-785B 标准于 1988 年暂停使用，并于 1998 年废止。美国国防部鼓励供应商多参考专业组织和国际组织出具的可靠性管理标准，并建立和实施适于自身的可靠性大纲。由美国国防部出资赞助的罗姆实验室可靠性分析中心（RAC）于 1996 年发布了“产品可靠性蓝图”文件，RAC 规定其服务领域对象含军事和民用产品。蓝图文件的制定以大量军（民）用产品企业的许多最佳实践、作废美国军标中的许多有价值概念，以及