

电子设备设计师必读

[日] 吉田弘之 著
杨启善 刘风华 等翻译
张蜀平 李 莉 等审定

电子元器件的 故障原因 及其对策



中国标准出版社

电子设备设计师必读

电子元器件的故障 原因及其对策

[日] 吉田弘之 著
杨启善 刘风华 等翻译
张蜀平 李 莉 等审定

中国标准出版社

電子機器設計者が知りたい

電子部品の故障原因とさの対策

2001年6月15日 初版第1刷發行

ISBN 4-526-04769-4 C3054

◎著者 吉田弘之

原作者の吉田弘之氏は本書の中國語簡體字版の翻訳・出版専有權を中國標準出版社に授はた。その専有權か法律の保護を受はている。

本書中文簡體專有翻譯出版權由原著作者吉田弘之之授予中國標準出版社。
該專有出版權受法律保護。

版權貿易合同登記號:圖字 01-2003-1934

图书在版编目(CIP)数据

电子元器件的故障原因极其对策:电子设备设计师必读/吉田弘之 著. —北京:中国标准出版社

ISBN 7-5066-3231-4

I. 电… II. 吉… III. IV.

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 072742 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 241 千字

2004年1月第一版 2004年1月第一次印刷

*

印数 1—2 000 定价 25.00 元

网址 [www. bzchs. com](http://www.bzchs.com)

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

译文编审委员会

顾 问：汪致远

主 任：张蜀平 刘风华

副主任：杨启善 李 莉

委 员：赵和义 顾希如 符 彬

王祖文 祝 斌 杨晓光

序 言

电子元器件是整机系统的基本组成要素，也是国民经济建设和国防现代化建设的柱石。系统的各种事故和灾难留给世人深刻的教训，电子元器件的可靠性一直是令人头痛的热点问题。因此，高度重视提高和增长电子元器件的可靠性，是十分必要的。

电子元器件可靠性技术是人类在科学技术发展中不断总结和不断探索认知的一项基础技术。可靠性既同工程技术相关，又涉及到大量数理统计知识。由于工程技术人员知识的专业性和局限性，专门从事可靠性研究的专家们繁琐艰深的研究成果，在工程技术界普及和推广遇到不少困难。如何深入浅出地宣传可靠性技术，使国际上最先进、最实用的研究成果及方法为工程技术人员所掌握，是我们面临的一项迫切任务。

中国人民解放军总装备部军用电子元器件合同管理办公室组织部分专家学者,完成了国际知名可靠性专家吉田弘之所著《电子元器件的故障原因及其对策》一书的翻译工作,并将其推荐给国内工程技术界读者,是一件很有意义的工作。书中几乎不涉及深奥的数理知识,通俗易懂地叙述了生产中遇到的实际问题,对于工程技术人员尽快了解并运用电子元器件可靠性方面的理论知识和基本技能很有帮助,我相信此书的出版对于进一步普及推广电子元器件可靠性知识,搞好学术界与工程技术界的结合大有裨益。

借此机会,向精心编译出版这本译著的有关专家表示由衷的敬意。

汪敬远

2003年5月15日

译者前言

多年来我们一直从事质量管理和可靠性技术的标准化研究,特别是从事过这一领域的情报分析工作,所以对国内外的有关著作和信息特别关注。当本书日文原版于2001年6月在日本刚一出版,我有幸得到一册,翻阅后,其实用性很强的内容引起了我的浓厚兴趣。后来在我的朋友刘风华女士的建议、联络和帮助下,我下决心尽快将其翻译成中文。

本书的作者吉田弘之先生是日本一位具有世界影响的可靠性专家,也是中国人民的好朋友。能把他的著作介绍给中国的同行,也算是为中日文化交流做了一些工作。

在中国人民解放军总装备部军用电子元器件合同管理办公室和中国电子技术标准化研究所的支持下,在电子标准老科技工作者协会和北京电子学会可靠性与质量管理专业委员会的专家的积极参与下,经过一年多的努力,本书的

中(文)译文终于和读者见面了,但愿本书对读者有所帮助,并期望读者对本书的不足之处批评指正。

本书出版发行之际,恰逢中国电子技术标准化研究所建所 40 周年,作为该所的一名老职工,真是感慨万千,一言难尽,我愿以此书作为献礼,并祝愿中国电子技术标准化研究所开拓创新,事业兴旺,成为我国信息产业标准化和合格评定事业的坚强阵地。

空军第二研究所的杨秉喜高工、中国电子技术标准化研究所的王静主任、张德胜教授也对本书的翻译出版提供了帮助,在此一并表示感谢。

译 者

2003 年 5 月

推荐序言

本人涉足可靠性工作以来,已近半个世纪。其间,承蒙各种机会,有幸结识了国内外众多专家、技术人员、监督管理人员。其中,吉田弘之先生是本人所尊敬的严师益友之一。

吉田先生就职于松下通信工业期间,调查过各公司的 IC 故障原因,发现了一些外观优良,但实际开封后发生潜伏故障的事例,并发表过相关文章。

为此,他根据解析结果进行改良,取得了十分显著的改进效果,在同行业中引起了极大反响。此后,吉田先生作为本文论及的“良品解析”的提倡者,在国内外故障解析、试验领域继续积极开拓工作。

所谓故障解析,往往被误认为是必须通过昂贵的解析仪器而进行的专业性工作。然而,解析工作在起始阶段并非如此,只要当事人通过使用身边现有的工具,仔细观察实物,研究原因。

吉田先生强调应以“显微镜”式的观察作为解析的原点。

电子产品和元器件的生产厂家和用户,包括设计人员、元器件技术人员、工程管理人员、质量保证人员、工场监督管理人员,日常关心的重要问题是:如何正确地理解实际工作中发生的故障现象?如何有效实施解析和试验,以及如何改善等工作,这些问题有时颇费脑筋。

有鉴于此,吉田先生基于丰富的理论和实践经验,以电子设备元件、器件的解析和试验为依据,写作了一本十分通俗易懂的论著。本人在无限喜悦之际,又深感此书问世太晚。该论著不论是对初学者、还是对专家而言都大有裨益。期待着该书得到广泛推广。

谨此推荐

原中央大学理工学部教授
前日本可靠性学会会长
盐见 弘

2001年5月11日

前 言

日本的电子、汽车等产品由于质量好、故障少,已大量出口到世界各国,成为日本经济发展的主流。

目前,很多日本电子元器件产业、电子整机厂家先后到国外设立生产基地,把当地生产的元器件用于整机已是发展趋势。但是由于电子元器件标准化的发展,导致电子整机产品制造商与电子元器件制造商之间缺乏信息交流,设计人员不能充分掌握元器件的性能,进行合理的设计和选择,因而引发故障的情况屡见不鲜。例如电源与接地之间需要接很多电容器,未选择合适的电容器就会发生重大故障,甚至会产生冒烟、打火等现象。

笔者到企业进行指导,经常谈及电子元器件可靠性的问题,有人多次向我提出“第一次听说这种情况,看什么书可以解决问题?”等疑问。确实,设计人员即使有学习的欲望也很难找到一本通俗易懂的可靠性工程用书。

迄今为止提及可靠性工程用书,通常很多人仍无可奈何的认为无非就是使用大量数学进行统计、概率计算,“靠计算既不能减少故障,也不能延长寿命”。

正是基于上述原因,本书通过列举大量故障事例,就具体电子元器件的使用及特性等进行说明,同时尽量避免使用数学公式,也未涉及软件、程序等内容,仅就硬件部分进行了论述。尽管已进入所谓软件时代,但软件是通过硬件运作,而系统的极限也取决于硬件。例如,打印机发生故障,靠任何软件仍是打印不出来,原因是硬件发生故障通常是系统故障。

然而,硬件本身发生故障原因的种类也很多,是难以全面论述硬件故障情况的。因此,本书中有待于探讨的课题还很多,对必要的电子元器件特性的论述仍有空白和不足之处。但是,本书对电子元器件的原理与结构、特性与可靠性进行了解析说明,是一本极为少见的实用性书籍。本书有助于帮助设计人员找出电子元器件使用不当、判断故障原因之所在,是一本专门为电子设备的设计人员、制造部门以及检验部门的人员而编写的参考书。

笔者相信本书不仅对电子产品整机厂家的技术人员、而且对元器件厂家的技术人员均会有帮助。

吉田弘之

2001年5月

目 录

第 1 章 减少故障 延长寿命	1
第 2 章 电子设备可靠性改善的历史	5
2-1 可靠性工程学的产生	5
2-2 硅半导体和故障	7
2-3 树脂材料的改善	11
第 3 章 何为电子设备的故障	15
3-1 何为故障	15
3-2 电子设备的故障原因	21
第 4 章 半导体器件的故障	24
4-1 半导体的历史	24
4-2 半导体器件的故障	34
第 5 章 电容器的故障	53
5-1 电容器的性质	53
5-2 电容器的构造	54

5-3	铝电解电容器	55
5-4	铝固体电容器	67
5-5	钽固体电容器	70
5-6	陶瓷电容器	74
5-7	薄膜电容器	81
5-8	超级电容器	84
5-9	电容器的自我修复	85
第 6 章 电阻器		86
6-1	电阻器的种类和结构	86
6-2	电阻器的故障和问题	88
第 7 章 印刷电路板		93
7-1	印刷电路板的种类和构造	93
7-2	印刷电路板的问题点	95
第 8 章 焊料		101
8-1	何为焊料	101
8-2	焊料的问题点和故障	105
8-3	无铅焊料	109
第 9 章 电源部分		111
9-1	电源的种类	111
9-2	电源部分的故障和问题点	115
第 10 章 离子迁移与晶须		118
10-1	离子迁移	118

10-2	晶须	125
第 11 章	温度、湿度与故障	127
11-1	温度与故障的关系	127
11-2	关于湿度	134
11-3	湿度与故障	138
第 12 章	故障分析	141
12-1	故障分析的意义	141
12-2	故障分析的基础方法	143
12-3	故障分析的活用	154
第 13 章	良品分析	156
13-1	何谓良品分析	156
13-2	良品分析的经过	157
13-3	良品分析的実施事例	162
13-4	良品分析的效果与问题点	169
第 14 章	电子设备、电子元件的可靠性试验	170
14-1	何谓可靠性试验	170
14-2	温度、湿度的可靠性试验	172
14-3	可靠性试验的實施实例	184
第 15 章	工厂的改善	197
15-1	关于工厂与制造工程的改善	197
15-2	外资系统的半导体工厂的工程改善	198
15-3	国内半导体制造厂的工程改善	200

15-4	C 公司的工程改善	201
15-5	铝电解电容器	202
15-6	可变阻抗器制造工厂	205
15-7	电子设备组装工厂	213
第 16 章	电子设备的故障不再现	215
16-1	故障不再现	215
16-2	短路与接触不良	216
16-3	电容器的问题	217
16-4	电子元件的破裂与焊锡的破裂	219
16-5	离子迁移与晶须	219
16-6	α 线损坏	220
第 17 章	为了减少故障延长寿命	222
17-1	故障发生与设计	222
17-2	电子设备的制造部门	224
17-3	电子设备的检查部门	226
17-4	半导体器件的问题	228
17-5	电阻器、电容器的问题	229
17-6	印制板	230
17-7	制造电子设备、电子元件时的陷阱	231
17-8	可靠性的创造	234
结束语		236
参考资料		241
索引		243

第1章 减少故障 延长寿命

最近几年,由于半导体器件的飞速发展,电子设备的性能显著提高,通过大量电子设备构成的系统规模也在不断扩大,而故障却比以往明显减少。20世纪50年代时的电子设备由于故障甚多,寿命短暂,使用范围也窄,使用户颇费脑筋。后来随着半导体器件迅速发展,特别是故障减少,应用领域不断扩大发展至今。

电子系统如此发展、扩大的背景,其绝对条件就是大量减少故障,加速提高可靠性。当今,特别引人瞩目的是电子产品被广泛用于核能发电控制、新干线列车的运行控制等重要系统。而且,普通汽车的发动机依靠电子产品控制的时代也已经到来。电子产品的故障直接影响到社会安全,变得愈来愈重要。现在,进一步减少电子产品的故障已成为整个社会的呼声。

研究探讨电子产品的故障,故障率降到何等程度,不如追求每台电子产品不发生故障。而且,延长电子产品的寿命也是社会的强烈要求。

减少故障、延长寿命的科学叫做可靠性工程学,可靠性工程学可以说是复杂数学的精髓,但多数人都明白,只通过计算是不能减少故障的。

的确,在可靠性工程学里,由统计、概率构成的部分很多,不擅长数学的人难以理解的内容也不少。而且,数学作为可靠性工程学的一部分,在定量地寻找故障模糊现象、预测故障发生等方面发挥了很大作用,对系统的维修、管理也起到了重要作用。

但是,可靠性工程学不仅是数学,而且也是通过对故障原因进行物理或化学解析,判明故障原因,排除故障,计算减少故障、延长寿命的工程学。

另外,生产产品时,通过进行减少故障的可靠性管理,可以提高产