

可 靠 性 管 理

(日)佐佐木・正文 著

成电《佐佐木讲课学习班》译校

成都电讯工程学院管理工程系

一九八四年十二月

校 译 者 前 言

日本可靠性专家佐佐木教授于1984年11月2日至16日应邀来成电管理工程系讲学。参加听讲的人有成电教师和来自各地的可靠性工作者。这本书是根据佐佐木先生所写的《信赖性管理》讲义译出的。译校者都是参加讲教班的成员。第一、二、三、四、五、六（包括试题）各章的翻译者分别是刘起芳（721厂）、王奇（721厂）、朱庆棠（成电）、王雨苏（永川1102信箱）、王大朴（成电）、苗维亚（成电）。全书的译文初稿先由罗鸿（成电）和付崇伦（成电）二同志校核一遍并略加修改，然后又由各章译者再作文字上的修饰，力求既能与原著吻合又能适应我国读者的习惯。但由于我们水平有限没能完全达到目的，敬请读者提出批评指正。

本书在翻译和印刷过程中，得到成电九系黄锡滋（系主任）、戚应轩（付系主任）、曹金城（教学秘书）等同志的支持和协助。校译组特对上述同志以及讲教班中对翻译工作提过宝贵意见的同志表示衷心的感谢。

《可靠性管理》校译者

1984年11月于成电

可 靠 性 管 理

佐佐木·正文

目 录

第1章	可靠性技术的历史与现状	3
1.1	可靠性技术的历史与现状	3
1.2	可靠性技术	8
第2章	可靠性的表示方法	17
2.1	概率与MTTF	17
2.2	故障数的概率分布	19
2.2.1	二项分布	19
2.2.2	泊松分布	20
2.2.3	例题	20
2.3	失效前时间的概率分布	23
2.3.1	指数分布	23
2.3.2	正态分布	24
2.3.3	对数正态分布	26
2.3.4	威布尔分布	26
第3章	可靠性的数据分析	32
3.1	数据的收集方法	32
3.2	完全数据和不完全数据	36
3.3	可靠性与概率纸	42
3.3.1	基本步骤及注意事项	42
3.3.2	概率纸在可靠性中的应用	43
3.3.3	正态概率纸	43

3.3.4	威布尔概率纸	48
3.3.5	累积风险概率纸	52
第4章	可靠性试验	57
4.1	可靠性试验	57
4.2	OC曲线	62
第5章	可靠性设计	65
5.1	可靠性设计	65
5.2	不可修复系统的可靠性模型	69
5.3	可修复系统的可靠性模型	75
5.4	失效模式及其效应的分析与失效树	79
5.4.1	失效模式及其效应的分析	79
5.4.2	失效树分析	89
5.4.3	失效树特征	93
5.4.4	失效模式及其效应的分析与失效树	94
第6章	可靠性管理	96
6.1	可靠性管理	96
6.2	可靠性管理的组织	108
6.3	可靠性管理的举例	111

第1章 可靠性技术的历史与现状

1.1 可靠性技术的历史与现状

- 1942: MIT放射实验室。高质量电子管的调查、开发。
- 1952 → 1957: AGREE (美国国防部电子设备可靠性咨询小组)
(Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment)
- 1954: 美国首次召开可靠性与质量管理专题讨论会。
- 1958: 日本科学技术联合会可靠性研究学会成立。
- 1959: IDEP (Interagency Data Exchange Program)(U. S. A.)
数据交换中心(美国)
- 1971: GIDEP (Government and Industry Data Exchange Program)
政府和工业部门数据交换网。
- 1960: 电子通信学会可靠性、质量管理技术委员会成立。
首次召开可靠性基础讲演会(日本科学技术联合会举办)。
- 1961: 阿波罗计划。
- 1962: 首次召开可靠性与维修性会议(美)。
首次召开可靠性物理学术讨论会(美)。

关于贮存技术专题讨论会。

1964, 匈牙利首次召开可靠性专题讨论会。

日本电子通信学会杂志, 47卷, 11号, 可靠性专辑出版。

1965, IEC (国际电工委员会) TC 56技术委员会, 在东京成立。

1971, 召开日、法电子产品可靠性学术讨论会。

日本科学技术联合会, 首次召开可靠性与维修性论文的专题会。

召开首届关于允许失效计算的国际专题讨论会。(美国电子电气学会计算机学会)

1973, 日本电子产品可靠性中心成立。

1975, 召开关于软件可靠性的国际会议。(美国电子学会计算机学会)。

1977, 英国首次召开国家可靠性方面的会议。

日本可靠性技术协会成立。

1981, 中国电子学会首次召开可靠性学术讨论会。

1983, 美国电子电气学会, 可靠性东京分会成立。

美国电子电气学会每年出版五册关于可靠性的论文集。

微电子和可靠性文集每年出版6册。

日本科学技术联合会第14次可靠性和维修性专题讨论会
(1984)。

发表论文篇数:

系统的可靠性	5 篇
设备的可靠性	7 篇
元器件的可靠性	10 篇
机械系统的可靠性	2 篇
可靠性活动与管理	14 篇
可靠性设计	5 篇
数据收集与分析	11 篇
可靠性试验与失效分析	19 篇
可靠性与维修性	4 篇
计算机软件可靠性	2 篇
业余团体	7 篇

美国可靠性活动的发展

前阶段 在可靠性活动以前(1920)

统计的质量管理阶段 批量产品

第 1 阶段 可靠性技术

开发时期(1930) 可靠性工程系统化

第 2 阶段 可靠性技术

可靠性标准

高可靠性产品

开发时期(1940) 及试验方法

的制定

第 3 阶段 可靠性管理

第 3 阶段	可靠性管理 加强时期 (1950)	可靠性管理 计划的系统化	高可靠度 产品
第 4 阶段	" (1950)	制定可靠性 的设计数据	"
第 5 阶段	" (1960)	开发设计评 价的系统化	"
第 6 阶段	重要领域的 扩大时期 (1960)	可靠性保证	扩大到批 生产中
第 7 阶段	" (1960)	失效分析	"
第 8 阶段	" (1960)	维修性管理	"
第 9 阶段	" (1970)	可靠性认证 制度的拟定	"
第 10 阶段	" (1970)	质量价值的 估计	"
第 11 阶段	" (1970)	对产品的责任 采取相应措施	"

日本可靠性活动的发展

前阶段	可靠性活动以前 (1953)	系统稳定 性设计	电话交换网
	"	统计的质量	通信机械
	(1947)	管理阶段	工业
	"	向TQC方	
	(1961)	面的发展	

第1阶段	学习与应用 (1958) ~ (1960)	学习可靠性工程	日本科学技术联合会； 可靠性研究会 (1958) 日科联学术讨论会 (1960)； 电子通信学会 可靠性研究会 (1960)
	" "	(1959) 各企业学习可靠性理论及可靠性在新产品开发中的应用；	主要是通信机械工业首先引进
第2阶段	用户方面的要求 (1957)~(1961)	要求高可靠性产品	在宇宙开发设备 海底通信电缆及军用设备中应用 (1958)~(1964) 电子通信工业及对生产设备的要求 通信方面主动采用元器件质量认定制度 新线路的产品； 广播自动化设备。

第3阶段	各制造公司(1965)	公司内部可靠性组织的齐套	电子通信工业； 汽车工业； 家用电器。
第4阶段	国内可靠性体制的完备		
第4阶段	国家可靠性体制完备 (1970)~(1974)	有关可靠性的JIS(标准)的制定	电子元件 失效率试验方法通则； 可靠性术语； 电子可靠性保证通则；
	" (1968)~(1974)	可靠性认证制度的制定	日本电子元件可靠性研究中心。
第5阶段	国际活动(1964)	参加IEC国际电气标准会议	可靠性技术委员会参加TC-56
	(1972)	IEC可靠性认证制度的制定； 参加成立标准委员会(PCM)活动会议	第1次出席PCM

1.2 可靠性技术

发展可靠性技术的必要性

- 1) 因现代硬件、软件系统的复杂化, 故使用及维修也复杂化了, 因此引起故障及失误也增加了。
- 2) 随着故障的产生, 有关的费用也增多, 另外对产品也产生责任问题。
- 3) 由于对系统性能要求的提高, 为了能应付经济、时间及技术开发速度的要求, 进行可靠性技术贮备是很必要的。
- 4) 很多机器设备, 要求在极恶劣条件下使用。
- 5) 在开发制造产品时, 机器大, 需要的试验设备也多。
- 6) 在维修中, 由于修理设备及其人员的技术水平训练原因, 因而使现在越来越先进机器维修也越来越困难。

系统的可靠性

对系统及产品, 在实际使用时的可靠度为 $R_0(t)$

$$R_0(t) = R_1(t) \times R_2(t)$$

其中:

$R_1(t)$: 固有可靠性。与制造有关(给定质量目标, 技术规格, 又元器件及材料的选择, 购买, 设计, 试制, 试验, 制造, 检验等)可以从元器件的失效数据对固有可靠度进行估计。

$R_2(t)$: 使用可靠度。与使用有关(使用时的环境, 处理操作, 维修技术, 维修方法, 人的因素, 服务等)。

表 1.1 可靠性工作范围

可靠性工作者	1. 管理	提出研究方案, 收集情报, 市场调查, 了解用户要求, 实现可能性(周期成本)的设想, 确定方针, 签订合同, 组织, 管理, 培训, 资金。
	2. 技术研究与设计	研究开发 工艺原理, 研究成果, 设想, 要求及指标(可靠性, 维修性, 检验, 试验)的决定, 系统工程学运用。 设计 (a)可靠性要求, 可靠性的分配, 样品规格, 样品设计 样品试验, 等式制及批生产的差异, 图纸审查。 (b)推荐的元器件(另部件), 易损元器件清单, 综合过去的技术, 降级使用, 标准化, 简易化, 互换性, 安全性, 元器件来源, 维修的难易, 环境适应性, 经济性性能, 贮备方式, 事故预防, 保险, 安全, 各因素平衡。 (c)可靠性与维修性的预测, 可靠性试验以及检查(加速寿命试验, 极限试验, 筛选, 认定, 验收试验), 审查设计, 可靠性的表示以及观察点的设定。 (d)失效及其应力数据的收集与分析, 失效模式及机理, 失效物理, 信息的反馈和改进措施。
	3. 制造	质量控制, 生产方式(标准化, 自动化), 技术水平的管理训练, 工作环境, 设备维修, 材料、元器件的供应及保管, 元器件及材料认定, 调试, 只种试验(工序管理, 验收)及筛选。
	4. 销售服务	(a)包装、运输、标志、安装、使用说明书。 (b)维修措施(PM—预防维修, CM—事后维修)赔偿收集失效及使用数据, 回收现场失效产品, 派遣技术人员。

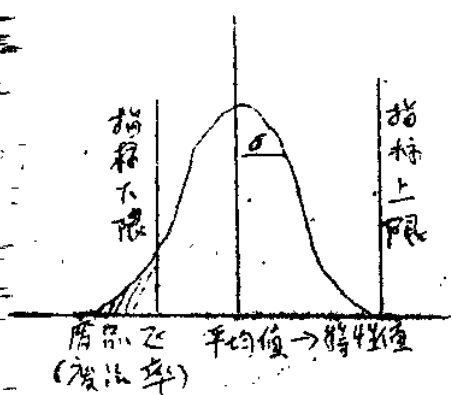
设立服务点，维修站，正确使用测量仪表。

1.	供应	订货	(a) 质量要求，收集情报，运用经验，现有技术水平，比较产品，规定使用环境，买有可靠性指标产品，系统设计，包括成本在内的各种要求的平衡。
		供货	(b) 调查生产厂的能力，等级，认定情况，合同及到货期。

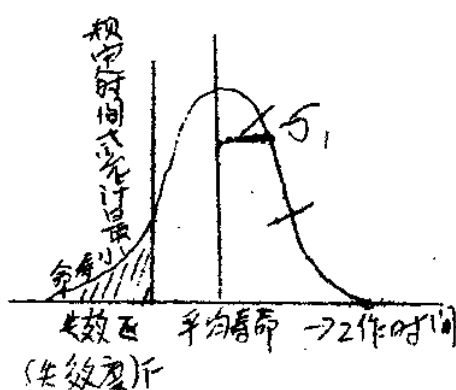
1.	供应	管理	现场审查，复核工艺，对数据的要求，进厂及认定的检查，性能试验，寿命及极限试验，环境试验，提出处理方法，向制造厂提出意见，并监视制造。
----	----	----	--

P	2.	使用	包装、运输，保管方法，故障排除，使用环境，操作技术使用说明书，手册，维修方式(PM, CM)，误动作修正，失效检查及维修技术，试检及其他辅助设备的管理，各种时间的记录，收集分析各种维修及失效数据，反馈，要求制造厂赔偿，返修，保险，报废。
---	----	----	--

可靠性管理与质量管理的关系



特性值的分布



寿命时间的分布

表 1. 2 可靠性管理与质量管理的关系

可靠性管理	质量管理	不同点
要求到时间 t 为止的质量不变	在 $t = 0$ 时刻的质量	关键在于时间要求不同
设计、检验、维修、服务	制造、检验	涉及到部门不同
指数分布 $(\lambda = 1 / MTBF)$ 用 n 个产品试验。中途停止时有 r 个失效的数据算出 失效率 λ (修复率低) $\hat{\lambda}(t, t + \Delta t) = r / n(t) \Delta t$ 或者到时间 t 为止的平均失效率 $\hat{\lambda}(Q, t) = r / n t$ 失效率 $F(t) = r(t) / n$	$\mu = \sum_{i=1}^n x_i / n$ 用全部数据求出 废品率 P $P = r / n$	平均值的估计方法不同 废品数与故障数含义不同
$m = \lambda T,$ $T = n t = \sum_{i=1}^n t_i$ AFR (acceptable failure rate) 合格品最大失效率 λ	$m = n P$ AQL (acceptable quality level) 合格质量水平 p_c	平均废品率与平均故障数 检查所用 OC

LTFR (lot tolerance failure rate)	LTRD (lot tolerance percent defective)	曲线不同
批产品允许失效率 λ_1	批产品废品百分率	

可靠性管理

技术活动：让固有可靠度做到产品中去，以便维持较高的使用可靠度。

管理活动：综合管理技术活动，提高效率实现良好的可靠度。

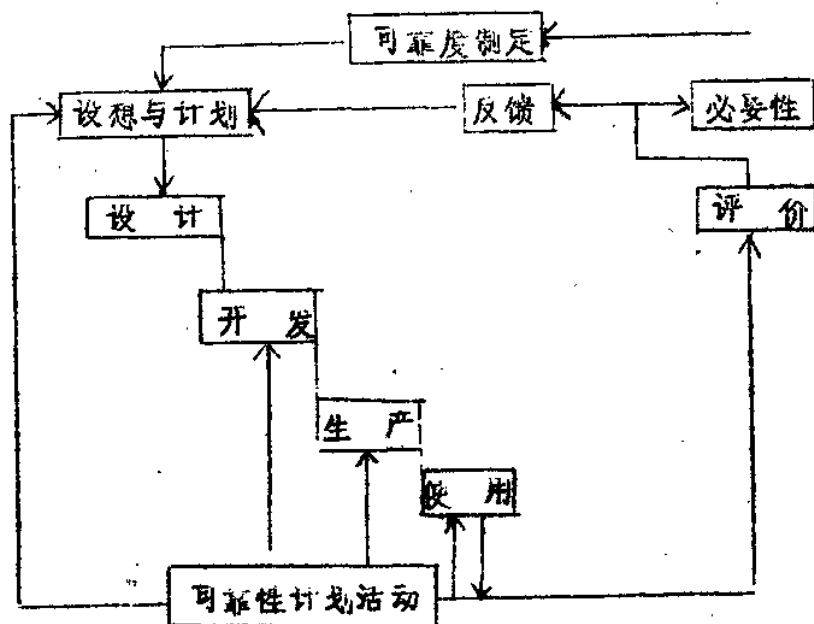


图 1.2 可靠性管理系统循环周期

可靠性术语

产品：作为可靠性研究对象/system, 子系统, 机器, 装置, 成品, 部件, 器件, 元件等等的总称。

可靠性：产品在规定的条件下和规定的时间内, 完成规定功能的能力。

可靠度：产品在规定的条件下和规定的时间内, 完成规定功能的概率。

维修性：产品在规定的条件下, 规定的时间内, 完成维修的能力。

维修度：产品在规定的条件下, 规定的时间内完成维修的概率。

与维修度有关的因素, 可由下面列出的维修三要素决定。

1. 设计时考虑维修是否十分方便。
2. 进行维修操作的技术人员的能力。
3. 保证维修的工具, 设备的完善程度。

有效度：可维修系统在预定时刻维持其功能的概率, 或者, 在系时间内维持其功能的时间比例。

有效度是可靠性和维修性的综合量度。因为可靠度除了不出现失效后进行修理到正常的概率, 因此系统等正常的概率就增加了。

[有效度] = [可靠度] + [由维修度所确定可靠度增量]

失效率：产品工作到某一时刻之后, 单位时间内发生故障比。

确定可靠度函数为 $R(t)$, 失效率的时间函数表示为

$$-\frac{dR(t)}{dt} = 1/R(t)$$

不可修复的产品, 其失效率 $\lambda(t)$ 如图 1.3 (续前)

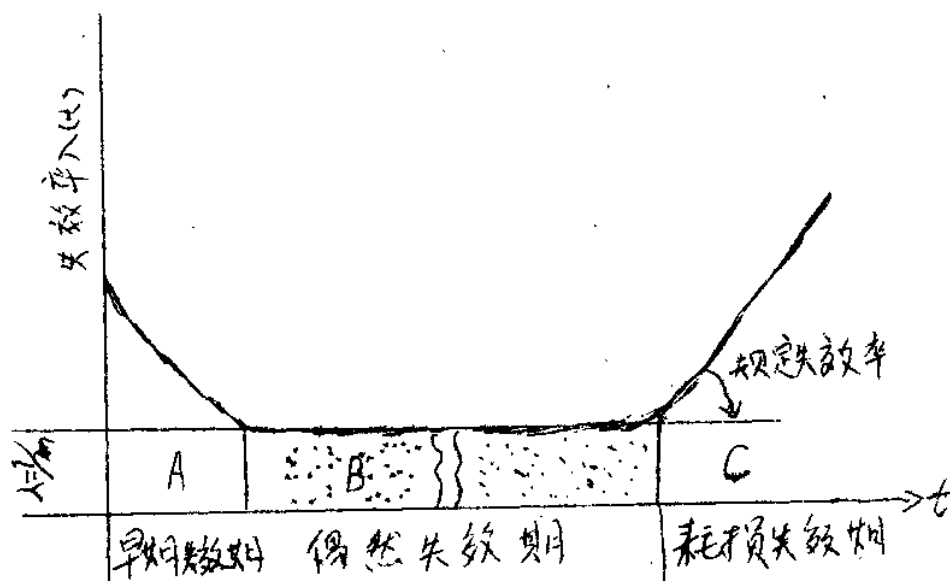


图 1-3 系统与产品的典型失效模式

盆曲线)。按时间可分：早期失效、偶然失效、磨损失效三个时期。

失效率以时间作单位来表示时， $\%/10^3\text{小时} = 10^5/\text{小时}$ 。最近对高可靠性产品失效率常用 $Fit = 10^{-9}/\text{小时}$ 。不仅可以用时间来表示，也可以用与时间相当的，动作次数，周期数、距离等来表示。

MTBF, (mean time between failures 平均故障间隔时间)：可修复的产品，相邻两次故障间的平均工作时间。

MTBF是从修理完毕到下一次故障前，无故障工作时间的平均值。