

可靠性技术丛书—9

---

# 维修性与维修后勤保障

〔日〕市田 嵩 著  
刘淑英 译  
王信义 校

机械工业出版社

本书是日本科技连可靠性技术丛书第9册的中译本。

这是一本讲维修性技术的入门书。对维修性的基本内容，包括维修性的研究、维修的发展历史、维修时间的测量及统计、维修性设计、维修的测试及诊断装置，以及维修性验证、维修度预测方法和维修后勤保障计划等问题作了介绍。书后的附录还收集了有关维修性的标准和维修性设计检验图表及评分标准等资料。

本书适合从事可靠性技术研究和工作的技术人员和管理干部阅读，并可供工厂企业的技术人员、大专院校师生参考。

日科技連信頼性工学シリーズ 第9卷

## 保全性と保全支援

市田 嵩 著

日科技連出版社

1985年8月31日

可靠性技术丛书—9

## 维修性与维修后勤保障

市田 嵩 著

刘淑英 译

王信 校

责任编辑：刘小慧，版式设计：乔玲

封面设计：方 芬

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登记证出字第117号）

北京通县电子外文印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张5<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·插页·字数119千字

1988年12月北京第一版·1988年12月北京第一次印刷

印数 0.001-3,570·定价：3.70元

ISBN7-111-01398-0/TG·347

## 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晶，必须强调从设计、制造、管理到使用、维修的全过程统筹管理。

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，对日本科技连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年日本科技连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。

日本科技连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，日本科技连出版社决定出版《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，以适应从初学者到技术人员，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。

希望这套丛书能成为与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

对于制造可用度高的系统和设备来说，维修性（容易修理的性质）是很重要的参数。近年来，设备可靠度有明显的提高，诸如较简单的家用耐用消费品等不需要修理的产品逐渐增多。然而，经销这类产品的厂家，如果要向社会倾销几万件、乃至几十万件产品，就需要考虑售后服务系统。如果是再复杂一些的设备 and 成套设备，在它们的寿命周期内，则更需要进行维修（也叫做保养）。

60年代初期，美国国防部就提请进行维修性研究。当时，设施和武器的维修费用占国防预算的25%。所以有人说：“目光不能只盯在系统的购买费上，而重视系统全部使用期的维修费的研究，才是国防研究的基本方针”。这对在有限的预算和时间限定的条件下，集体进行研究来说，只有企业最高经营管理机构制定出该方针，才能得到考虑。后来，以此为基础形成了寿命周期（LCC）方法。

将维修性恰当地揉合到系统和设备中，需要采用下列两种技术。

（1）分析系统的维修性与其它设计参数（费用、性能、安全性、可靠性等等）的关系，确定必要的维修性目标值（尤其是在可靠性工程中，处理可靠性和维修的权衡问题）。

（2）维修性融合到系统和设备中的技术。

实际工作中上述两种技术是不可能完全分开的。而在技术上分开解释可以深化问题的研究。本技术丛书的第2册（三

根久，河合一，《可靠性、维修性的数理基础》）、第6册（川崎义人，《可靠性设计》）已经详细地讲解了上述第（1）项的问题。故而，本册书的重点集中在第（2）项“维修性的编纂”上。

本册书的第二章记述了维修的历史变迁和维修保养概要，供维修性研究时参考。第三章介绍了维修时间的分析、测试方法及统计推测与验证。第四章“结构的维修性设计”及第五章“测试的难易与诊断装置”讲述了有关狭义维修性设计。第六章和第七章讲述了“维修性验证”和“维修度预测”的方法。第八章“维修后勤保障计划”介绍了维修性条件的确定，即维修人员、维修技术手册、维修用备件等的确定。

早在20年前，日本航空协会可靠性、保养性专业委员会就研究了维修性问题。笔者有幸参加了会议。由于技术的发展，虽然当时的资料不能直接利用，但仍是笔者研究维修性的出发点，在此表示感谢。

1965年国际电气标准会议（IEC）上设立了可靠性技术委员会（TC56），1975年又改称为可靠性和维修性（reliability and maintainability）。乘此改换之际，设立了WG-6工作小组，开始编写维修性标准草案。笔者作为该组成员，承担了与日本国内委员会联络的工作。可是，能直接出席小组聚会的机会很少。只做了微少的贡献，如阅读议事录（开始时由法国的d' Harcourt担任秘书，现任秘书是联邦德国的Cross博士），偶尔送附一些注释。

近10年来，本书卷末附录1的标准体系也日趋成熟，取得初步成果。

1985年5月笔者有幸参加了蒙特利尔的会议，直接倾听



了各国成员的意见，并且商定协助编写“维修性统计方法”的草案。

本书虽然没有直接引用IEC维修性丛书 (Pub·706)的内容。但是，在决定本书的维修性技术范围及重点方面仍起了很大作用。在此，再次向WG-6 的各位成员表示衷心的感谢。

最后，向辛勤从事本书编辑工作的日科技连出版社编辑部的诸位表示深切的谢意。

1985年7月

市田 嵩

## 可靠性技术缩写词表

CCT	因果树
FMEA	订货周期
LCC	寿命周期
MD	便携式维修装置
MSA	维修支援分析
MTTR	平均维修时间
PM	生产维修
RET AIN	远距离维修信息支援系统

# 目 录

第一章 维修性概论	1
1.1 维修性和维修度	1
1.2 系统的时间要素	3
1.3 维修性的定量及维修性的尺度	4
1.3.1 维修度函数	4
1.3.2 可用度	4
1.3.3 维修性的尺度	5
1.4 产品寿命周期和维修性	9
1.4.1 寿命周期费用	9
1.4.2 系统有效度与费用有效度	10
1.5 维修性和维修后勤保障的决定要素	12
第二章 关于维修的基础性研究	14
2.1 维修技术及其管理的历史	14
2.2 耐用消费品的维修	16
2.3 预防性维修方式	17
2.3.1 检修的目的	18
2.3.2 更换及修理	18
2.3.3 最佳预防性维修	19
2.3.4 时间计划维修实施后的初期故障	22
2.3.5 状态监视维修	22
第三章 维修时间	24
3.1 维修时间的分析	24
3.2 维修时间的测定	25
3.2.1 根据工作记录测定时间	26

3.2.2	现场调查 .....	29
3.2.3	对时间的研究 .....	29
3.3	维修时间的统计性研究 .....	31
3.3.1	时间计划预防性维修时间和事后维修时间 .....	31
3.3.2	维修时间的分布 .....	32
3.3.3	假设正态分布的估计和检验 .....	36
3.3.4	假设对数正态分布的估计和检验 .....	38
第四章	结构的维修性设计 .....	41
4.1	可达性 .....	41
4.1.1	安装场所的可达性 .....	41
4.1.2	设备外部的可达性 .....	42
4.1.3	设备内部的可达性 .....	50
4.2	安装方法 .....	57
4.2.1	机框和底盘的安装方法 .....	57
4.2.2	零部件的装配方法 .....	63
4.3	组件的模块化和小型化 .....	64
4.3.1	从维修性考虑组件设计的效果 .....	66
4.3.2	关于组件机械设计的考虑 .....	67
第五章	测试的难易与诊断装置 .....	69
5.1	测试点 .....	69
5.1.1	安全性的考虑 .....	70
5.1.2	测试动态特性的测试点 .....	71
5.1.3	测试点的配置 .....	72
5.1.4	测试点的集中配置 .....	72
5.2	测试用设备 .....	74
5.2.1	结构分类及其优缺点 .....	75
5.2.2	类型的选择 .....	75

5.2.3	测试设备的等级及其效果 .....	75
5.2.4	测试设备各等级的诊断时间 .....	77
5.2.5	测试设备等级的选择.....	78
5.2.6	测试设备的可用度.....	79
5.3	自动与半自动测试设备 .....	79
5.3.1	自动测试仪器的类型 .....	81
5.3.2	自动测试的缺点 .....	81
5.3.3	半自动测试的缺点 .....	81
第六章	维修性验证.....	83
6.1	维修人员和测试环境 .....	83
6.1.1	所需人员 .....	83
6.1.2	测试环境 .....	84
6.2	事后维修作业的层次 .....	84
6.2.1	事后维修时间的数学模型 .....	84
6.2.2	作业层次的示例 .....	86
6.2.3	故障模式的选择 .....	91
6.3	验证试验 .....	92
6.4	验证合格与否的判断 .....	93
6.4.1	MIL-STD-471A 试验方法的概要 .....	93
6.4.2	MIL-STD-471A 附录 B 试验方法 .....	95
第七章	维修度预测.....	102
7.1	维修度预测用数学模型 .....	102
7.2	预测方法的分类 .....	103
7.2.1	内插法 .....	103
7.2.2	检验图表法 .....	104
7.2.3	时间合成法 .....	104
7.2.4	模拟法 (蒙特卡洛法) .....	105

7.3	MIL-HDBK-472 程序Ⅲ(检验图表法)	109
7.3.1	考虑方法	109
7.3.2	抽样	109
7.3.3	作业预测的分析	111
7.3.4	维修性指数的计算	113
第八章	维修后勤保障计划	116
8.1	维修人员	117
8.2	技术指导手册和技术情报	118
8.2.1	TM文件	118
8.2.2	故障词典	119
8.2.3	遥控维修	120
8.2.4	运行维修支援指令系统	122
8.3	备件和备用设备	123
8.3.1	常用器材的订货方式及消费形式	123
8.3.2	订货点方式	126
8.3.3	定期订货方式	131
8.3.4	使用量订货方式	132
8.3.5	决定换下来的组件是修理还是废弃	138
参考文献		140
附录		143
1.	维修性标准	143
2.	维修性设计检验图表和评分标准	144
3.	系统的时间要素 (MIL-STD-721 B)	165
汉英名词对照		167
索引		168

## 第一章 维修性概论

所谓**维修性**，系指可修复的系统和设备进行维修的难易程度或性质。这种含义在书后参考文献的JIS可靠性用语〔1〕中已作修改。但是，基本意思没有改变。维修性一词译成英语应为 maintainability。而日语中相当于 maintainability 的词很多，例如：“保全”、“整備”，“保守”，“メンテナンス”等<sup>○</sup>，除了维修性一词之外，文献中各处均可看到保养性、维护性、维修性等用语。然而本书只采用了“维修性”一词。另外，维修性的定量表示叫做**维修度**。

维修度，如果它的含义与JIS可靠性术语不同，则如下所述。所谓维修度，即是机械的设计、制造及安装的特性值〔2,3〕。它关系到机械本身满足设备使用及维修所要求的能力。然而，这种能力最终是通过维修测量结果来进行评价。故维修性有可能与维修操作管理和维修技术混同起来。维修操作管理和维修技术，虽然在系统和设备完成其使命方面起着重要作用，而术语仍需与维修性的管理和技术区分开来。

本书作为可靠性技术丛书的一册，汇总了维修性方面的内容。也探讨了以维修性技术为前题的**维修资源**问题。

### 1.1 维修性和维修度

维修性和维修度在JIS可靠性术语〔1〕中的含义如下。

---

○ “保全”、“整備”、“保守”均是日文汉字，“メンテナンス”是日文的外来语，中文应译为维修、保养、维护。——译注

**维修性：**产品在给定的条件和规定时间内能维修的特性。

**维修度：**产品在给定的条件和规定时间内能维修的概率。

这里的产品、维修、给定条件及规定时间是关键词汇，所以需要预先说明。

**产品：**系指成为可靠性对象的系统、辅助系统、机械、设备、零部件、元器件等的总称<sup>[1]</sup>或其它。

在使用和维修上，零件或元件是不能分开的。零件如果有缺陷就要更换，零件有容易更换的和不易更换的。因此，可认为零件也有维修度。

关于维修，将在第二章中论述。在JIS可靠性术语中

**维修：**指产品维持使用及操作的状态，或者为了消除故障和缺陷等所采取的措施和活动<sup>[1]</sup>。

**给定条件：**系指相同的产品维修度不同的条件。这些称为维修资源或维修手段，它包括下列内容。

- (1) 维修人员及教育培训；
- (2) 技术手册；
- (3) 测试设备及支援设备；
- (4) 备品备件的准备；
- (5) 为保障实现上述(1)~(4)项而配备的设施和设备。

第八章中，这些问题作为“维修后勤保障计划”来论述。

**规定时间：**系指按时间测量。即能够按实际所需的时间或者工时(人×小时)进行测量。



## 1.2 系统的时间要素

图1.1为<sup>[1]</sup>从系统完成任务的角度绘制的时间划分图。系统担负任务的时间，叫做**必要工作时间**；在仓库中存放保管、夜间或假日休息不工作的时间，叫做**不必要工作时间**。可靠性和维修性所重视的主要是必要工作时间中的事项。

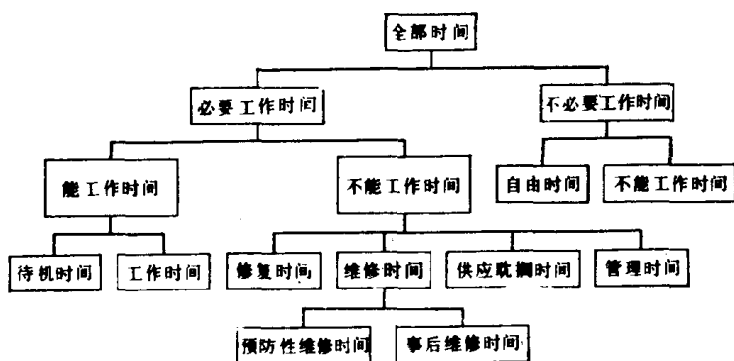


图1.1 系统的时间划分<sup>[1]</sup>

系统担负任务的时间如图1.2所示。大体分为**能工作时间和不能工作时间**。但是两种时间是交替出现的。不能工作时间还可进一步细分为图1.1

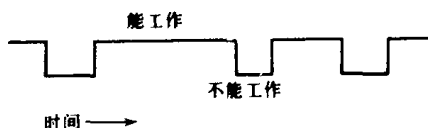


图1.2 系统的状态

所示的**修复时间、维修时间、供应耽搁时间和管理时间**。

维修时间大体可分为**预防性维修时间和事后维修时间**。第二章中将探讨有关预防性维修及事后维修问题。一般对于