

设计 维修 营销 管理人员之友

维修性 及其 设计技术

童时中 童和钦 编著



 中国标准出版社

企 业 管 理

设计 维修 营销 管理人员之友

维修性及其设计技术

童时中 童和钦 编著

中国标准出版社

内 容 简 介

本书综合和集成了有关维修性工程、软硬件设计、标准化和模块化、人机工程以及相关方面的知识和新技术,对维修性管理、维修性的设计方法与技术途径进行了全面、详细的论述。具有内容新颖、材料丰富、可操作性强、应用广泛、读者面广的特点。适于设计师、维修人员、营销人员、管理人员等学习、阅读,以获得实用的有关维修性的全面知识。

图书在版编目(CIP)数据

维修性及其设计技术/童时中,童和钦编著. —北京:
中国标准出版社, 2005
ISBN 7-5066-3885-1

I. 维... II. ①童...②童... III. 可维修性
IV. TP302.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 109733 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码: 100045

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

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 525 千字

2005 年 12 月第一版 2005 年 12 月第一次印刷

*

定价 45.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68533533



产品和系统的维修是保持或恢复系统运行、延长产品的使用寿命的重要条件,维修性是与维修关系最为密切的质量特性,是反映系统和产品是否方便于维修的一种特性。维修性的优劣源于产品的结构、连接和安装、配置等因素,它是由产品设计赋予的使其维修简便、迅速和经济的一种固有特性。

全面理解和掌握维修性知识,对设计、维修、营销人员是有益的和必要的。维修性是设计出来的,因而全面的维修性设计知识是设计师素质和水平的体现。对维修人员而言,维修性知识不仅是维修工作本身的需要;更重要的是,在参加设计方案论证、设计评审时,可发挥主导作用,有助于提高所设计产品或工程的可维护性,以避免陷入面对既成的产品或工程而难于维修的窘境;也是进行改善性维修的前提条件。对营销人员而言,全面而丰富的维修性知识,有助于在售后服务中独立处理现场各种复杂的技术故障,提高维修效率和质量。

在产品寿命周期中,设计和维修分属不同阶段,虽互有渗透,但通常是各行其道,形成设计与维修的脱节。本书将设计与维修性融为一体,不仅从维修角度提出要求和原则,还有具体的设计方案及实例,具有良好的实用性。可为设计人员提供实现维修性设计的技术途径;为维修人员实施维修和参与设计评审提供依据。

相对于系统的运行,维修作业需维修人员更密切地与构成系统的产品接触,有更多的手工作业量,因而人机工程准则是维修性的重要组成部分。本书将技术方面和人机工程方面二者融为一体,把以人为中心的思想渗透到具体的维修性设计中,使维修工作能符合人的生理、心理特点,达到安全、健康、高效和尽可能的舒适。

在现代生产与管理中,软件已是重要的组成部分之一。在软件生存周期中,软件维护的工作量和费用约占总体的67%,因而

软件的维护性已成为软件质量的重要标志。但在目前所见的维修性书中均未论及软件的维护。本书对软件的维护性作了较为全面的论述。

维修性属广义可靠性范畴，有关维修性的论述大多附在可靠性中予以简述。就维修性工程而言，包含维修性设计和维修性管理两个方面，在有关维修的标准和书籍中，对维修性管理一般作了较详尽的叙述；对维修性设计大多只是提出了一些要求，但对实现这些要求的技术途径论及较少，而有关维修性设计技术的专著则很少见到。本书的主要目的就在于，对实现维修性设计的技术措施和途径，作一系统、全面和详细的论述，以图文并茂的方式，提供翔实的、实用的、具有普遍意义的设计方案、技术途径、实例和资料。

维修性涉猎面很宽，各种系统、各类产品都需要维修，对它们（例如，机械、电器、管路系统等）的维修性要求各有不同的特点和内容。本书主要提供适用于各种维修对象的通用的、基本的技术要求和设计原则，是对维修性设计所涉及的技术范围概貌所作的全面阐述。

本书共分15章。第1章、第2章对维修性管理（包括维修性大纲，维修性分配、预计、评审等）作了概述；在第3章～第15章则着重对达到良好维修性的设计方法与技术途径进行了全面、详细的论述，包括可达性、可操作性、防差错性、测试诊断性、安全性设计，标准化、模块化设计，软件维护性设计等的设计技术，以及几种维修方式（预防性维修、抢修等）、维修支持系统（维修用通信、规程、工具、备件等）、维修环境因素（作业环境、环境保护）等方面的技术要点。

本书综合和集成了有关维修性工程，软、硬件设计，标准化和模块化，人机工程，以及相关方面的知识和新技术，具有内容新颖、材料丰富、可操作性强、应用广泛、读者面广的特点。设计师、维修人员、营销人员、管理人员等，一书在手，就可获得实用的有关维修性的全面知识。

在编写本书时，参考和引用了诸多文献资料，在此谨对有关作者表示感谢！

在我国，维修性设计技术的研究与应用尚在发展之中，由于作者的经验和水平有限，书中难免有不少偏颇和不妥之处，恳请读者和专家们批评指正。

编 著 者

2005年6月于南京

目 录



第 1 章 维修性概论

1.1 维修、维修性和维修性活动	1	1.3.3 承包方与用户间的关系	7
1.1.1 维修和维修性	1	1.4 维修性检验与验证	7
1.1.2 维修类型和分级	2	1.4.1 概述	7
1.1.3 维修作业的构成	3	1.4.2 定性的检验程序	9
1.1.4 维修性活动	3	1.4.3 定量的检验程序	10
1.1.5 维修性工作的监督与控制	4	1.4.4 验证方法	10
1.2 维修性要求	4	1.5 维修性数据的收集与分析	11
1.2.1 维修性特征量要求	4	1.5.1 数据来源	11
1.2.2 限制	4	1.5.2 分析程序	11
1.2.3 维修性大纲要求	5	1.5.3 数据表示	11
1.2.4 维修保障计划的实施	5	1.6 维修性设计	12
1.3 维修性大纲	5	1.6.1 维修性设计的质量特征	12
1.3.1 维修性大纲的目的和性质	5	1.6.2 维修性设计的目标和任务	12
1.3.2 维修性大纲的要点	5	1.6.3 维修性设计的基本要求和依据	13

第 2 章 系统维修性设计与分析

2.1 设计过程中的维修性研究	14	2.3 维修性分配	18
2.1.1 概述	14	2.3.1 概述	18
2.1.2 维修性分析	14	2.3.2 维修性分配需考虑的问题	18
2.1.3 综合权衡研究	15	2.3.3 维修性分配的步骤	19
2.1.4 维修性设计保障	16	2.4 维修性预计	19
2.2 维修性建模	17	2.4.1 概述	19
2.2.1 建模的目的和模型的种类	17	2.4.2 维修性预计所需的信息	20
2.2.2 维修性物理模型	17	2.4.3 维修时间分析	20

2.5 失效模式及效应分析 (FMEA)	20	2.7.6 减少维修费用	25
2.5.1 FMEA 的作用	20	2.8 维修性人机工程设计原则	25
2.5.2 进行 FMEA 的步骤	21	2.8.1 维修中的人机工程一般要求	26
2.6 维修性评审	21	2.8.2 工作空间和工作设备设计 原则	26
2.6.1 维修性设计准则及核查表	21	2.8.3 工作环境设计原则	27
2.6.2 设计评审中的维修性考虑	22	2.8.4 工作过程设计原则	28
2.6.3 维修用核查表及评分	23	2.9 维修性设计步骤	28
2.7 维修性设计的一般准则	24	2.9.1 需求分析	28
2.7.1 减少维修时间	24	2.9.2 维修性设计分配	29
2.7.2 降低维修的复杂程度	24	2.9.3 维修性设计方案	29
2.7.3 降低对维修人员技能的要求	24	2.9.4 维修性设计评审	30
2.7.4 减少维修差错	25	2.9.5 设计和运行的反馈以及 修正	30
2.7.5 便于维修工具的使用	25		

第 3 章 可达性设计

3.1 概述	31	3.3.2 视觉信号的位置要求	40
3.1.1 可达性的概念	31	3.3.3 显示器的选用原则	40
3.1.2 可达性设计应考虑的因素	31	3.3.4 信号的视觉功效	42
3.1.3 可达性设计原则	32	3.4 安装和维修场所的可达性	45
3.2 按人体尺寸设计	32	3.4.1 人体作业空间	45
3.2.1 中国成年人人体尺寸	32	3.4.2 机器维修间距	48
3.2.2 人体尺寸分析及应用时需考 虑的因素	34	3.4.3 通道	49
3.2.3 使用者群体对工程 (产品) 尺寸的满足度	35	3.4.4 两级平面间的通道	50
3.2.4 人体尺寸百分位数的运用 原则	35	3.5 设备和设施的外部可达性	52
3.2.5 人体尺寸修正量及功能尺寸 的确定	37	3.5.1 外部可达性的影响因素	52
3.3 维修中的视觉可达性	39	3.5.2 维修孔口的设置	53
3.3.1 视觉信号的感知	39	3.5.3 维修孔口设计	54
		3.6 设备和设施的内部可达性	56
		3.6.1 影响内部可达性的主要因素	56
		3.6.2 零部件布局的一般原则	57
		3.6.3 零部件布置应考虑的问题	57

第 4 章 可操作性设计

4.1 基本要求	59	4.1.2 便于控制的操纵系统	59
4.1.1 符合人的生理特点	59	4.1.3 易于维修的结构形式	59

4.2 简化设计.....	60	4.4.5 控制—显示的相应性.....	69
4.2.1 简化或合并功能.....	60	4.5 便于维修的组装方式.....	72
4.2.2 减少元器件、零部件的品种 与数量.....	61	4.5.1 便于手工组装的设计准则.....	72
4.2.3 产品与其维修工作协调 设计.....	61	4.5.2 整机的组装结构.....	72
4.3 人的体力和维修件的质量.....	62	4.5.3 转动式连接结构.....	74
4.3.1 提举时的维修件质量限值.....	62	4.5.4 移动式结构.....	75
4.3.2 手的施力.....	63	4.5.5 定位、限位机构.....	75
4.3.3 把手和手握区.....	64	4.5.6 电子设备的某些有助于组装 的结构.....	76
4.4 手动操纵系统.....	66	4.6 快卸、快锁机构.....	78
4.4.1 手可及范围和操作区.....	66	4.6.1 快锁对维修的意义和技术 要求.....	78
4.4.2 手动操纵机构操作方向的 标记.....	66	4.6.2 快锁机构的构成.....	78
4.4.3 操纵器布局的原则.....	67	4.6.3 快锁机构的类型.....	79
4.4.4 手动操纵器的尺寸和操纵力	68	4.6.4 典型快锁机构示例.....	81
		4.6.5 快锁机构设计方法.....	84

第5章 防差错设计

5.1 人的失误及其影响.....	87	5.4.1 标志的类型及其功能.....	94
5.1.1 人的失误及人的可靠性.....	87	5.4.2 标志的一般要求.....	94
5.1.2 影响人的失误的因素.....	87	5.4.3 标志的内容要求.....	95
5.1.3 信息处理过程中的人的 失误.....	88	5.4.4 标志的方向和位置要求.....	96
5.1.4 执行任务过程中的人的 失误.....	89	5.4.5 标志的视认度要求.....	97
5.1.5 防维修差错的基本思路.....	90	5.4.6 标志的标记方法.....	97
5.1.6 防差错的设计的一般要求.....	90	5.5 显示器和控制器的编组与编码 技术.....	98
5.2 防组装差错设计.....	91	5.5.1 概述.....	98
5.2.1 防组装差错要求.....	91	5.5.2 显示器和控制器布局的编组 技术.....	99
5.2.2 防组装差错设计的一般原则.....	91	5.5.3 视觉信号的编码.....	99
5.2.3 电子设备互连结构的防差错 设计.....	92	5.5.4 听觉信号的编码	101
5.3 防操作差错设计.....	93	5.5.5 控制器(包括触觉信号)的 编码	101
5.3.1 防操作错误措施.....	93	5.6 人机系统设计的容错技术	102
5.3.2 控制器偶发启动的防止 (误操作防止结构)	93	5.6.1 冗余技术	102
5.3.3 联锁技术.....	94	5.6.2 反馈技术	103
5.4 防差错标志设计.....	94	5.6.3 自动保护技术	104
		5.6.4 差错提示技术	105

第6章 标准化设计

6.1 标准化及其对维修的价值	106	6.2.3 标准件的选用原则	110
6.1.1 标准化的目的、对象、内容和功能	106	6.3 电子设备的模数网格化设计	111
6.1.2 标准化的基本方法	107	6.3.1 模数和网格	111
6.1.3 标准化的主要形式	107	6.3.2 网格化设计	111
6.1.4 标准化对维修的意义	108	6.3.3 坐标化装配图	112
6.2 标准化设计的基本方法与要求	109	6.4 标准化设计的实施要点	113
6.2.1 充分利用已有的标准化成果和资源	109	6.4.1 建立企业的标准和规范体系	113
6.2.2 全面实施系列化、通用化设计	110	6.4.2 建立以标准化为基础的企业技术平台	114
		6.4.3 强化标准化管理	114

第7章 模块化设计

7.1 模块化原理	116	7.3.3 模块系列设计	123
7.1.1 概述	116	7.3.4 模块化产品设计	124
7.1.2 模块及其分类	116	7.4 模块化设计实例分析	126
7.1.3 模块化	117	7.4.1 模块化的机械产品	126
7.2 模块化设计特点及其对维修的意义	118	7.4.2 模块化的电子设备结构	126
7.2.1 模块化设计特点	118	7.5 模块化的实施要点	127
7.2.2 模块化产品开发模式	120	7.5.1 目标分析	128
7.2.3 模块化对维修的价值	120	7.5.2 模块化过程中的宏观指导与协调	128
7.3 模块化设计方法	121	7.5.3 模块化的技术和产销管理	128
7.3.1 系统分解技法	121		
7.3.2 模块化系统概念设计（产品族宏模型设计）	122		

第8章 测试诊断性设计

8.1 测试诊断是维修作业中的重要环节	130	8.2 测试诊断系统的构成及设计要求	131
8.1.1 测试诊断对维修的意义	130	8.2.1 系统的构成	131
8.1.2 测试诊断设计的目标、任务和应用要求	130	8.2.2 测试诊断系统设计的一般要求	132
8.1.3 测试诊断的基本方法和方式	131	8.2.3 测试诊断性设计内容和设计要点	133
		8.3 固有测试性设计	134

8.3.1 系统的处理	134	8.4.3 BIT 设计的要求	137
8.3.2 控制和观测通路	134	8.5 测试点配置设计	137
8.3.3 元器件选择和接口的 考虑	135	8.5.1 一般原则	137
8.3.4 兼容性的考虑	135	8.5.2 测试点的位置	138
8.4 机内测试 (BIT) 设计	135	8.5.3 测试点的优化方法	139
8.4.1 BIT 分类	135	8.5.4 测试点的选择步骤和故障诊 断程序	140
8.4.2 故障诊断的分级	136		

第9章 维修安全性设计

9.1 保证维修安全的基本措施	142	9.5 应急系统设计	158
9.1.1 危险控制的技术原则与 要求	142	9.5.1 急停装置	158
9.1.2 距离、方位控制和隔离	142	9.5.2 逃逸、救生和营救	158
9.1.3 闭锁、锁定和联锁	142	9.5.3 应急声系统	159
9.1.4 告警和标志	144	9.5.4 应急照明系统	159
9.2 损伤防止设计	145	9.6 安全空间设计	160
9.2.1 一般原则	145	9.6.1 防止上肢触及危险区的安全 距离	160
9.2.2 防机械损伤	145	9.6.2 避免人体各部位挤压的最小 间距	163
9.2.3 防电气损伤	146	9.6.3 防止下肢触及危险区的安全 距离	163
9.2.4 防火、防爆、防毒、防 辐射	146	9.6.4 防止烧伤的安全距离	164
9.3 防护装置的设计和选用	146	9.6.5 防止有害物质和有害因素的 安全距离	167
9.3.1 机器正常运转时不需进入 危险区的场合	146	9.7 防电击的安全距离	167
9.3.2 机器正常运转时需要进入 危险区的场合	147	9.7.1 触电事故类型及其防护的一 般原则	167
9.3.3 机器常规性维修时需要进入 危险区的场合	147	9.7.2 带电部分置于伸臂范围之外 的安全距离	168
9.3.4 防护装置的要求	147	9.7.3 设施操作和维修通道的安全 距离	168
9.3.5 个人用防护装备	148	9.7.4 人员在操作时与裸露的带电 部分的最小接近距离	169
9.4 报警系统设计	149	9.7.5 通道出入口和门	171
9.4.1 报警系统的构成和要求	149	9.8 防静电放电损伤设计	171
9.4.2 听觉信号的感知和听觉显 示器	151	9.8.1 静电放电的危害及对维修的 影响	171
9.4.3 报警显示系统 (险情声光信 号系统) 设计	152	9.8.2 抑制静电的产生	173
9.4.4 报警控制系统 (操作者响 应系统) 设计	156		

9.8.3 采用抗静电材料	175	9.8.6 防止静电放电着火	177
9.8.4 加速静电释放泄漏的 措施	176	9.8.7 电子设备防静电损伤 措施	178
9.8.5 中和、消除静电的措施	177	9.8.8 ESDS 产品维修步骤	181

第 10 章 维修支持系统设计

10.1 维修用通信系统设计	182	10.2.3 规程编制过程及要求	189
10.1.1 通信系统及其对维修的 意义	182	10.2.4 规程内容的编写要求	190
10.1.2 维修用通信系统	183	10.3 维修件的处置	193
10.1.3 通信系统设计的若干 问题	186	10.3.1 弃件和修复件	193
10.2 维修规程的设计	188	10.3.2 贵重件的可修复性	193
10.2.1 操作规程的概念	188	10.3.3 备件储备	194
10.2.2 维修规程的要求和构成	188	10.4 维修用工具和仪器	195
		10.4.1 维修用工具和设备	195
		10.4.2 维修用测试仪器	195

第 11 章 各种维修方式的设计要点

11.1 预防性维修设计	197	11.3 便于战场抢修的设计	202
11.1.1 预防性维修的工作内容和 重要性	197	11.3.1 战场抢修的特点	202
11.1.2 预防性维修的作业范围及 要求	197	11.3.2 抢修性设计基本原则	202
11.1.3 常规性保养要求	198	11.4 便于在线损伤修复的设计	204
11.2 校正性维修的设计	200	11.4.1 设计特点	204
11.2.1 调校的必要性和基本要求	200	11.4.2 设计原则	204
11.2.2 机械结构的可调校性设计	201	11.5 非工作状态维修	205
11.2.3 电气设备的可调校性设计	201	11.5.1 非工作状态维修的意义	205
		11.5.2 无维修储存设计准则	206
		11.5.3 非工作状态维修的设计原则	206

第 12 章 便于维护的计算机软件设计

12.1 概述	207	12.1.5 软件设计的心理学观点	211
12.1.1 软件维护的特点和内容	207	12.2 便于维护的软件体系结构	211
12.1.2 软件生存周期和维护 过程	208	12.2.1 软件系统的结构化	211
12.1.3 影响软件维护困难的因素 及解决方法	209	12.2.2 软件程序的模块化	212
12.1.4 软件维护与软件重新 设计	210	12.2.3 软件模块的设计和评价	215
		12.2.4 有助于维护的软件工程的新 途径	216
		12.2.5 面向对象的设计	219

12.3 便于维护的编码·····	221	12.5.2 用户界面设计的基本要求·····	230
12.3.1 编码的一般原则·····	221	12.5.3 人一计算机对话原则·····	234
12.3.2 程序编写风格·····	222	12.5.4 人一计算机对话方式·····	237
12.3.3 源代码文档编写·····	223	12.6 适于维护的软件文档·····	242
12.4 软件的错误控制·····	225	12.6.1 概述·····	242
12.4.1 错误控制的目的·····	225	12.6.2 文档编写的原则和要求·····	243
12.4.2 控制错误的方法·····	226	12.6.3 软件文档编制中需考虑的 因素·····	245
12.4.3 调试·····	227	12.6.4 几种维护用软件文件的 内容要求·····	246
12.4.4 回归测试·····	228	12.6.5 软件运行与维护阶段产生 的主要文件·····	247
12.4.5 防错性程序设计·····	229		
12.5 便于维护的用户界面·····	230		
12.5.1 概述·····	230		

第 13 章 软件维护的支持环境

13.1 软件维护的技术环境要求·····	251	13.2.4 软件文档的管理·····	260
13.1.1 软件维护工具要求·····	251	13.2.5 软件配置管理·····	263
13.1.2 系统软件资源要求·····	253	13.2.6 软件质量管理·····	265
13.1.3 硬件环境(配置)要求·····	254	13.3 软件设计质量及可维护性评估·····	268
13.2 软件维护的组织管理环境要求·····	255	13.3.1 软件质量特性·····	268
13.2.1 软件维护管理要求和维护 活动·····	255	13.3.2 软件可维护性评估准则·····	269
13.2.2 软件维护组织和工作内容·····	256	13.3.3 软件开发、维护环境风险 评估·····	273
13.2.3 软件维护的管理流程和控制·····	257		

第 14 章 维修作业环境要求

14.1 照明环境·····	274	14.3.1 气体污染源及其对身体的 影响·····	285
14.1.1 照明准则·····	274	14.3.2 气流质量要求·····	285
14.1.2 眩光的限制·····	275	14.3.3 保证空气质量的防护措施·····	286
14.1.3 选择灯具以限制眩光的 方法·····	277	14.4 噪声环境·····	287
14.1.4 工作场所的照明设计·····	277	14.4.1 噪声对生理和心理的影响·····	287
14.2 气温环境·····	279	14.4.2 噪声对作业的影响·····	287
14.2.1 概述·····	279	14.4.3 工作场所的噪声限值·····	288
14.2.2 气温环境的生理效应和对 作业的影响·····	280	14.4.4 工作场所的噪声控制·····	289
14.2.3 气温环境设计·····	282	14.5 振动环境·····	290
14.2.4 改善气温环境的措施·····	284	14.5.1 振动对人的影响·····	290
14.3 气体环境·····	285	14.5.2 工作场所的全身振动及 其控制·····	291

第 15 章 环境保护与除锈防锈

15.1 概述.....	293	15.3.4 金属表面化学处理.....	301
15.1.1 环境保护设计对维修的 意义.....	293	15.3.5 涂料涂覆.....	302
15.1.2 环境条件类型及其对产品 的可靠性的影响.....	293	15.4 塑料防老化措施.....	304
15.1.3 材料的腐蚀和老化及其 防护途径.....	295	15.4.1 工程塑料的特性及应用.....	304
15.1.4 维修后的表面防护处理.....	295	15.4.2 塑料的老化.....	305
15.2 防护用外壳设计.....	296	15.4.3 防老化措施.....	305
15.2.1 外壳防护等级.....	296	15.5 去油污与除锈技术.....	306
15.2.2 电子设备的机壳防护 设计.....	297	15.5.1 去油污.....	306
15.3 金属防腐蚀设计.....	297	15.5.2 手工和机械除锈.....	308
15.3.1 合理选用材料.....	297	15.5.3 化学除锈.....	308
15.3.2 合理的结构设计.....	299	15.5.4 局部除锈.....	309
15.3.3 金属镀层防护.....	300	15.6 防锈技术.....	309
		15.6.1 概述.....	309
		15.6.2 防锈材料的选择原则.....	310
		15.6.3 防锈材料的涂覆方法.....	311
		15.6.4 几种防锈法的典型应用.....	311
主要参考文献.....	316		

第 1 章

维修性概论

1.1 维修、维修性和维修性活动

1.1.1 维修和维修性

(1) 维修

维修及其作用:维修是指为使产品保持或恢复到规定状态所进行的全部活动。维修包括修复性维修、预防性维修、保养和在线损伤修复等内容。此外,现在还往往把改进与维修结合作为产品发展策略中的重要因素,通过维修为新产品研制提供使用与改进的信息。

维修三要素:要提高产品或系统的维修性,必须考虑下面三个因素:

- a) 维修性设计:在设计时,要使产品在发生故障后,容易发现或检查故障,而且易于修理;
- b) 维修者的素质:承担修理任务的维修者,应具有熟练的技能;
- c) 维修性管理:可供维修用的备件、工具、设备等,以及维修管理系统应良好。

(2) 维修性

维修性是指在规定条件下使用的产品,在规定的时间内、按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到规定状态的能力。或者说,维修性是在规定的约束(时间、条件、程序、方法等)下完成维修的能力。维修性是与维修关系最为密切的质量特性,是反映系统是否便于维修(“可”维修)的一种特性,它是由产品设计赋予的使其维修简便、迅速和经济的一种固有特性。它是可达性、可装连性、防差错性、(零件、元器件、部件)可互换性、测试诊断性、安全性、可修复性、可抢修性、维修工具的可使用性、可监控性、可调试性等等,方便于维修的技术措施的综合。它取决于产品的结构、连接和安装、配置等因素,是由设计形成的特性。

产品和系统的维修是保持或恢复系统运行的重要条件,而武器装备维修是保持或恢复军队战斗力的主要因素。在第四次中东战争中,以色列在 10 天中修复坦克近 2000 辆次;英阿马岛之战中,英军损坏军舰 12 艘,战争中修复 11 艘,依靠维修保持和恢复了军队战斗力。

(3) 理解和掌握维修性知识的重要性

全面理解和掌握维修性知识,对设计、维修、营销人员的重要性表现在:

- a) 对设计师而言,维修性是产品的重要质量指标,而维修性是设计出来的,因而全面的维修性设计知识是设计师素质和水平的体现。
- b) 对维修人员而言,充分掌握维修性设计知识是有益的和必要的。这不仅是维修工作本身的需要;更重要的是,在参加设计方案论证、设计评审时,可发挥主导作用,有助于提高所设计产品或工程的可维护性,以避免陷入面对既成的产品或工程,而难于维修的窘境;再者,维修人员有丰富的维修实践经验,加上一定的维修性设计知识,可通过改善性维修,发挥积极的、创造性作用,达到延长产品寿命,提高产品性能、增强产品功能的目的。
- c) 对营销人员而言,丰富的维修性知识,有助于在售后服务中独立处理现场各种复杂的技术故障,提高维修效率,减少人员编制;还可以有效地收集和积累产品的运行和维修经验,提出产品改进的信息,为企业的发展发挥建设性的作用。

(4) 维修性工程

维修性工程是指为使产品或设备具有良好的维修性而进行的一系列工程活动,包括论证、分析、设计、制造、试验、评价等各项工作。

一项系统工程,不仅涉及技术方面,而且涉及管理方面。即一个系统的建立包含两个平行的过程:一个是工程技术过程;一个是对工程技术的控制过程,即对进程实施科学管理的过程,包括过程管理、技术管理和产销管理。就维修性工程而言,则包含维修性设计和维修性管理两个方面。

a) 维修性设计:包括可达性、可操作性、防差错性、测试诊断性、安全性设计,标准化、模块化设计,维修支持系统(维修环境)设计等。

b) 维修性管理:维修性管理工作包括:①维修性方案、目标及计划;②维修性工作条件分析;③维修性要求和准则;④维修性分析(维修性分配,维修性预计,失效模式、效应与危害度分析);⑤费用与风险估计;⑥维修性评审(方案、合同、设计的评审);⑦维修性检验与验证;⑧维修性数据的收集与分析;⑨维修性文件;⑩维修性培训等。

(5) 维修性与可靠性

维修性与可靠性的联系有以下几方面:

a) 维修性和可靠性是相关的,二者结合起来决定一个系统的有效性(可用率)。有效性是指可以维修的产品在某时刻具有或维持规定功能的能力。可靠性的作用,在于延长系统的“可工作时间”;而维修性的作用,在于减少系统的“不能工作时间”。可靠性加上维修性(有效性)称为广义可靠性。

b) 从系统完好性和寿命周期费用的观点出发,仅提高可靠性不是一种有效的方法,必须综合考虑可靠性及维修性,才能获得最佳结果。

c) 维修性比可靠性更多地涉及人的因素,因为在系统维修过程中,基本上都要求人的参与,因而应在维修性设计中更多地考虑人机工程问题。

d) 贯彻以可靠性为中心的维修思想:根据系统可靠性分析,在系统设计中增加系统预防性维修的设计,以及在线维修设计,减少因维修而导致的系统停运。

e) 维修性与可靠性有最为紧密的关系:①两者有其共同的目标,在产品研制中要进行二者的综合权衡;②维修性活动常常要以可靠性活动为基础或结合进行,例如,维修性的分配、预计、分析,维修性管理、试验等;③维修性技术与可靠性技术有共同的数学基础和相似的方法。

1.1.2 维修类型和分级

(1) 维修类型

维修根据其目的与时机,通常可分为预防性维修、修复性维修和改善性维修三类。

1) 预防性维修

为防止产品性能退化或降低产品失效概率,按事前规定计划或相应技术条件的规定所采取的各项措施,又称维护或保养。它通过对产品的系统检查、检测和发现故障征兆,并采取措防止故障发生,使其保持规定状态所进行的全部活动。它可以包括:清洗、润滑、加燃料、保洁、操作人员监控、定期检查、定期拆修和更换等工作类型。一般来说,预防性维修大多是有计划地进行的。

2) 修复性维修

修复性维修又称排除故障维修或修理。产品发生故障后,为使其恢复到规定状态所进行的全部活动。它可以包括下述一项或几项活动:故障定位、故障隔离、分解拆卸、更换、再装、调准及检验等。修复性维修常是非计划的。

3) 改善性维修

在对系统的运行和维修实践进行充分的总结和分析的基础上,对原设计中存在的某些不符合要求(包括人机工程原则)的部位、以及影响工作效率的因素,进行局部改进,以改善系统的监控、报警、维修等性能。改善性维修中的改进,应建立在对系统的有关功能、性能的充分理解的基础上,改进应不致影响系统的功能和降低系统的性能,应充分分析改进是否会对系统构成潜在危险。改进的方案和内容应经有关技术部门的审查和批准。

在实际应用中还有一种售后服务型的维修,这是一种面向用户的维修。在一些大型企业中往往拥有一支庞大的售后服务型的维修队伍。其工作内容包括:产品的现场安装、调试(包括与相关设备的系统性联试),对用户使用的指导和培训,定期或按需的上门维护,产品故障的排除,产品功能的扩充或性能的提升等。它实际上是上述三种维修型式的综合。在产品的有关技术未定型前,某些工作往往由产品设计者直接进行,定型后则由维修人员执行。

(2) 维修分级

按维修场所及其职能,一般实行三级维修:

- a) 现场(基层)级:在使用现场或其附近进行维修,以换件修理为主。
- b) 中间(继)级:在维修站或维修机构进行修理。
- c) 基地级:在修理工厂或设备制造厂进行的修理。

1.1.3 维修作业的构成

每一次维修都要按合理顺序完成一项或多项维修活动,维修活动一般包括如下七项:

- a) 准备:检查或查看;准备工具、设备备件及油液;预热;判定系统状况。
- b) 诊断:检测并隔离故障,即确定故障情况、原因及位置,找出导致故障的产品(零部件或元器件)。
- c) 更换:拆卸;用可使用产品替换失效的产品;安装。
- d) 调试、调整、校准。
- e) 保养:擦拭、清洗、润滑、加注油液等。
- f) 检验与验证。
- g) 原件修复:对更换下来的可修产品进行修复。

1.1.4 维修性活动

为使系统经济有效,在系统的寿命期间,应明确并达到与维修性和维修活动有关的一些目标。寿命期各阶段的维修活动目标如下所述。

(1) 计划阶段

应规定和明确如下可能影响维修的环境条件(工作条件、资源条件)和维修性要求:

a) 工作条件:①影响产品工作的环境条件;②影响维修的环境条件;③维修识别方法,尤其是故障检测和故障定位方法;④对维修部位可达性的限制;⑤按照修理场所、修理水平、维修人员的技术等级进行维修设备配置。

b) 资源条件:①组织机构、场地、人员及人员培训的现实状况或所需状况;②已经调拨的物资;获得新资源的难易性。

c) 维修性要求:维修性要求应考虑到工作要求、可靠性要求及费用的限制。鉴于维修策略以及对产品的其他要求,应尽可能地编制出定量的维修性规范说明。在这个阶段,还要考虑到对维修性要求的检验。

(2) 设计和生产阶段

a) 满足维修性要求:一种有效方法是执行维修性大纲。此大纲应作为整个工程规划的一个组成部分。

b) 提供维修保障计划资料:维修保障计划工作必须与产品研制同时进行,以保证产品一投入使用就可以得到维修保障。维修保障计划要与维修策略一致,并应不断地改进。要建立一个维修性数据分析、反馈系统。维修保障计划主要包括以下几项内容:①产品维修方法(包括主要的大修);②对最初提供的备件、设施、试验设备及工具的要求;③人员培训要求;④技术手册要求……。

(3) 使用阶段

执行维修(维护与修理):这一阶段重要的维修性活动是收集、分析和反馈维修数据,并改进设计使产品趋于完善。

1.1.5 维修性工作的监督与控制

目的是使承包方与用户对承包方所提供产品的维修性工作进行监督与控制,以便必要时采取措施,保证所供产品符合规定的维修性要求。监督与控制措施包括:制定维修性工作计划;对承包方(也包括用户方)的监督与控制;维修性工作评审;建立维修性数据的收集、分析和纠正措施系统等。

1.2 维修性要求

维修性要求是对维修性的各种特性的详细描述,它是“工作要求”的组成部分。为了恰当地安排计划和进行设计,维修性要求必须用定性和定量的条款明确规定。当维修性特征量作为生产研制或产品接收的要求时,在规范与合同中,维修性要求的完整叙述可概括为下面四个方面。

1.2.1 维修性特征量要求

(1) 定量的维修性要求

维修性的定量要求体现为一系列的维修性指标,其中主要是一些与缩短维修时间有关的参数。常用修复实施时间来说明产品的维修性,修复实施时间包括:

- a) 诊断时间(故障检测时间、故障定位时间)。
- b) 技术延迟(典型的技术延迟包括:设置、冷却、信息的分析与应用、显示说明、读出等)时间。
- c) 修复时间(拆卸时间、更换时间、重新装配时间、校准时间等)。
- d) 最后检查(包括一些必要的测试程序)时间。

(2) 定性的维修性要求

维修性的定性要求与产品符合规定的维修保障策略的程度有关。定性的要求若含有数值,那么就要用事件的比例、置信度或其他一些概率来表示满足要求的程度。否则,就要通过检查或文件审查来判定满足要求的程度。定性的维修性要求包括:维修技术水平要求;需要的专用工具或检测设备;需要的调整装置;零部件标准化;清晰的分系统功能标记;外观检查的可达性;机内检测设施;正确地标明检测点;适当的色码、标签;是否使用插入式部件;是否使用不落紧固件;更换部件使用手柄;技术手册的内容和范围;产品设计中人的因素的限制等。

1.2.2 限制

编写规范时,不仅要对如何工作规定要求,在多数情况下,还要对满足要求的方法加以限