



国防科技著作精品译丛



Springer

Handbook of Maintenance Management and Engineering

维修管理与工程手册 (下册)

[沙特] Mohamed Ben-Daya [沙特] Salih O. Duffuaa

[巴基斯坦] Abdul Raouf [英] Jezdimir Knezevic [加] Daoud Ait-Kadi

著

胡起伟 白永生 赵建民 苏续军 侯彩虹 田霞 译



国防工业出版社

National Defense Industry Press

维修管理与工程手册（下册）

Handbook of Maintenance Management and Engineering

[沙特] Mohamed Ben-Daya

[沙特] Salih O. Duffuaa

[巴基斯坦] Abdul Raouf

[英] Jezdimir Knezevic

[加] Daoud Ait-Kadi 著

胡起伟 白永生 赵建民

苏续军 侯彩虹 田 霞 译



机械工业出版社

China Machine Industry Press

著作权合同登记 图字：军 - 2016 - 091 号

图书在版编目 (CIP) 数据

维修管理与工程手册: 全 2 册/ (沙特) 穆罕默德·本·达亚 (Mohamed Ben-Daya) 等著;
胡起伟等译. -- 北京: 国防工业出版社, 2017. 3

(国防科技著作精品译丛)

书名原文: Handbook of Maintenance Management and Engineering

ISBN 978-7-118-11192-7

I. ①维… II. ①穆… ②胡… III. ①装备维修—手册 IV. ①E145.6-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第073952号

Translation from English language edition:

Handbook of Maintenance Management and Engineering

by Mohamed Ben-Daya, Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf, Jezdimir Knezevic and Daoud Ait-Kadi

Copyright © 2009 Springer London

Springer London is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

维修管理与工程手册 (下册)

[沙特] Mohamed Ben-Daya [沙特] Salih O. Duffuaa

[巴基斯坦] Abdul Raouf [英] Jezdimir Knezevic

[加] Daoud Ait-Kadi 著

胡起伟 白永生 赵建民 苏续军 侯彩虹 田霞 译

出版发行 国防工业出版社

地址邮编 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

经 售 新华书店

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 28½

字 数 460 千字

版 印 次 2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印 数 1—2000 册

定 价 216.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776

发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

译者序

维修管理和工程对于增强产品竞争力具有特别重要的意义。产品设计和生产单位都必须对其产品的质量负责,设计人员有责任在其产品设计中考虑可靠性、维修性、保障性、测试性和安全性等质量特性,对有质量缺陷的产品主动召回以更早地以较低的成本解决其产品质量问题及其造成的后果。用户或使用单位更应关注自己所用产品的可靠性及其维修保障等问题,使用人员在产品使用过程中应正确地使用产品并按规定进行维护保养,维修人员在产品使用过程中应正确地开展各项维修管理活动。本书主要面向产品或装备管理人员、设计人员以及使用和维修人员,因此,本书的翻译出版对我国军事装备和国民经济重要产品的维修管理与保障具有重要的参考价值。

本书是在军械工程学院主持下,在国防工业出版社大力支持配合下,由十余位专业工作人员共同辛勤劳动完成的。本书的翻译和组织工作主要由军械工程学院胡起伟副教授、白永生讲师、赵建民教授、苏续军讲师、侯彩虹讲师、田霞讲师完成,他们不仅参与了翻译,还负责全书的审定,对译文质量的提高发挥了重要作用。参加本书翻译工作的还有马伦博士、刘天斌博士、张星辉博士、孙磊博士、吴波博士、李欣玥博士等,在此对他们的辛勤工作表示感谢。

另外,对原著作者 Mohamed Ben-Daya、Salih O. Duffuaa、Abdul Raouf、Jezdimir Knezevic、Daoud Ait-Kadi 表示感谢,正是他们完美卓越的工作,让我们拥有了如此内容系统、丰富、新颖、实用的参考书。

最后,我们还要对国防工业出版社相关工作人员表示感谢,他们为本

书的出版付出了辛勤劳动,没有他们的努力,读者是看不到这本书的。

由于译者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见和建议。

译者

2016 年 10 月

序

为了在激烈的国内和国际竞争环境中取得成功,企业生产体系和设备的运行效率远远超过了 10 年前的水平。在当今用户需求日益变化的情况下,面对人们对产品质量要求的提高、生产时间的缩短和使用效能的提升,对产品的维修性能提出了更高的要求。

维修不仅可以降低成本、使用与保障费用,而且对于提高运行效能、增加产值、提高顾客满意度都具有重要的意义和作用。这也正是当今生产企业所面临的最大挑战。为此,维修策略既要与生产后勤相匹配,也要在具体的维修实践中创新发展。

现代维修已经发展成为涉及多学科领域的活动,已不再是不需要工程培训的某一类人员的职责。本书的读者对象包括工程技术人员、生产管理者、维修人员 and 研究人员。为适应不同读者的需要,本书涵盖了维修管理与工程多个领域的内容。

本手册共分六部分、26 章,涉及与维修管理和工程相关的多个主题。

第一部分:维修组织机构和绩效评价,共两章。

第 1 章由 Haroun 和 Duffuaa 编写,介绍了维修组织机构的任务、维修职责,以及成为一个高效的维修组织的关键因素。

第 2 章由 Parida 和 Kumar 编写,介绍了维修生产力、绩效评价、维修绩效指标 (MPI)、维修生产力评价指标、维修绩效指标体系等内容。

第二部分:对可靠性和维修研究领域多种工具进行总结和介绍。

第 3、4 章由 Ben-Daya 编写,其中,第 3 章介绍了一些基本的统计学概念,主要包括概率、概率分布、可靠性和故障率函数、故障统计等内容;第 4 章介绍了故障模式影响分析、根源分析、帕累托图、因果分析图等方法。

第三部分: 维修控制系统, 共分三章。

第 5 章由 Duffuaa 和 Haroun 编写, 介绍了维修控制的基本要素和结构, 主要包括有效控制所需功能、工作指令设计系统、反馈和有效维修控制所需方法, 以及实施有效维修控制系统的步骤。

第 6 章由 Mirghani 编写, 主要介绍了费用控制和预算, 为进行预算和估算计划维修费用提供指导。主要包括预算和费用计算标准、计划维修预算框架、计划维修费用标准制定和获取实际费用的方法, 以及由费用变化而引起的计划维修费效评估。

第 7 章由 Riane、Roux、Basile 和 Dehombreux 编写, 讨论了 OPTIMAIN 的综合框架, 此框架为维修决策者进行产品系统设计、功能建模和维修策略优化提供支持。

第四部分: 维修计划与规划, 共包括五章。

第 8 章由 Al-Fares 和 Duffuaa 编写, 介绍了预测和能力规划的问题。主要包括预测技术、维修工作量预测、维修能力规划等内容及其方法, 并进行了实例分析。

第 9 章由 Diallo、Ait-Kadi 和 Chelbi 编写, 涉及备件管理方面的问题, 介绍了多部件系统备件确定和供应问题。考虑到现有技术、经济和战略信息, 提出了一个框架以及适当的数学模型。

第 10 章由 Duffuaa 和 Ben-Daya 编写, 主要介绍了周转维修 (TAM) 问题, 从维修前期的准备到维修结束后总结报告的撰写, 给出了周转维修项目管理的程序。

第 11 章由 Al-Turki 编写, 为维修计划人员提供一套维修计划与规划的方法, 包括维修战略规划、维修规划技术和维修计划与规划信息支持系统。

第 12 章由 Boukas 编写, 生产系统由于损坏或维修会导致其结构发生一定的变化, 该章主要介绍的是生产系统控制, 以及生产与维修计划模型。

第五部分: 维修策略, 共包括八章。

第 13 章由 Ait-Kadi 和 Chelbi 编写, 主要介绍的是检测模型, 包括单部件和多部件系统模型, 以及状态维修模型。

第 14 章由 Kothamasu、Huang 和 VerDuin 编写, 介绍了系统健康管理的发展情况, 主要包括健康监测范例、监测手段与技术、案例研究、组织和标准。

第 15 章由 Ito 和 Nakagawa 编写, 介绍了应用维修模型, 以理论研

究为基础构建了导弹、相控阵雷达、全数字电子控制系统和热电联产系统等四种系统的维修优化模型。

第 16 章由 Siddiqui 和 Ben-Daya 编写, 主要介绍了以可靠性为中心的维修 (RCM) 理念、方法和实施等问题。

第 17 章由 Ahuja 编写, 主要介绍了全员生产维修 (TPM) 的基本要素、方法及其实施等问题。

第 18 章由 Murthy 和 Jack 编写。维修是保修范围中非常重要的一个概念, 该章重点介绍了维修和保修服务之间的关系, 以及二者所涉及的问题, 包括保修和维修之间的联系、保修服务中的维修保障和维修外包。

第 19 章由 Wang 编写, 主要介绍了生产设备检查间隔优化的延迟时间模型, 包括复杂设备延迟时间模型、参数估计、模型发展和未来展望。

不论是在学术界还是在工业界, 智能维修和 E 维修近来都备受关注。第 20 章由 Liyanage、Lee、Emmanouilidis 和 Ni 编写, 主要介绍了综合 E 维修和智能维修系统, 包括综合 E 维修的解决方案和当前现状、E 维修技术框架、高级 E 维修解决方案的技术整合、工业应用和 E 维修应用面临的挑战。

第六部分: 维修性和系统效能, 共包括一章——第 21 章, 由 Knezevic 编写, 主要介绍的是维修性分析、工程和管理。

第七部分: 维修安全、维修环境和人为差错。

第 22 章由 Pintelon 和 Muchiri 编写, 探讨的是安全和维修问题。该章建立了安全和维修之间的关系, 研究了各种维修策略和方案对设备安全的影响, 如何对安全绩效进行量化和测评; 为了防范安全事故发生, 探讨了如何贯彻落实政府和相关组织机构颁布的安全法规。

第 23 章由 Raouf 编写, 提出了一种维修质量和维修环境监控的综合评估方法。

第 24 章由 Liyanage、Badurdeen 和 Ratnayake 编写, 综述了“持续性”这样一个新兴的概念, 阐述了资产维修在可持续发展中的重要作用, 详细介绍了质量问题和指导决策的优化方法。

最后两章介绍了维修人为差错的问题。第 25 章由 Dhillon 编写, 介绍了人的可靠性和维修错误问题。第 26 章由 Nicholas 编写, 介绍了维修人为差错——系统设计的观点。

与市面上同类书籍相比较而言, 本书涉及的内容更加广泛。因此, 对于维修领域的专家、学生和从业人员, 那些有志成为维修管理的人员, 涉及质量和生产以及相关领域的人员, 本书是非常实用的。

目录

(下 册)

第五部分 维修策略

第 13 章 随机故障系统检查策略	3
13.1 引言	3
13.1.1 符号说明	4
13.2 基本检查模型	5
13.2.1 问题定义	5
13.2.2 假设与数学模型	6
13.3 基本模型的扩展	8
13.3.1 单部件系统的检查模型	8
13.4 多部件系统的检查模型	18
13.4.1 基于故障树分析法的策略	18
13.4.2 寿命分布已知或部分已知的闲置和 运行备用系统示例	19
13.4.3 部件故障相关的系统示例	20
13.5 状态维修模型	21
13.5.1 单部件系统的状态维修模型	21
13.5.2 多部件系统状态维修模型	28
13.6 结论	30

参考文献.....	31
-----------	----

第 14 章 系统健康状态监测和预测

—— 当前典型方法和实践综述	37
14.1 维修策略: 为什么需要健康状态监测?.....	37
14.2 健康状态监测范式	39
14.3 健康状态监测工具和技术	42
14.3.1 基于可靠性的维修	42
14.3.2 基于模型的故障检测、隔离和识别方法	44
14.3.3 基于信号处理的故障检测、隔离和识别方法	45
14.3.4 基于统计理论的故障检测、隔离和识别方法	46
14.4 设备状态监测和控制实例研究	47
14.5 组织和标准	51
14.6 总结和展望	56
致谢	56
参考文献	56

第 15 章 应用维修模型

15.1 引言	65
15.2 导弹系统维修	67
15.2.1 期望费用	68
15.2.2 最优检查策略	69
15.2.3 数值举例	72
15.3 相控阵雷达维修	74
15.3.1 周期性维修	76
15.3.2 延迟维修	79
15.3.3 数值举例	81
15.4 全权限数字电子控制系统 (FADEC) 自诊断	82
15.4.1 双模块系统	83
15.4.2 三模块系统	86
15.4.3 N 模块系统	88
15.4.4 数值举例	88

15.5 热电联产系统维修	88
15.5.1 模型与假设	90
15.5.2 分析	91
15.5.3 最优策略	92
15.5.4 数值算例	93
参考文献	94
第 16 章 以可靠性为中心的维修	99
16.1 引言	99
16.2 RCM 思想	101
16.2.1 RCM 基本原理和主要特点	102
16.2.2 RCM 目标和效益	102
16.2.3 系统、系统边界、接口和交互	103
16.3 故障及其本质	106
16.4 RCM 方法	106
16.4.1 选择系统并收集信息	107
16.4.2 系统边界定义	108
16.4.3 系统描述和功能框图	108
16.4.4 系统功能和功能故障	111
16.4.5 故障模式与影响分析	111
16.4.6 逻辑或决策树分析	112
16.4.7 工作选择	113
16.5 RCM 的实施	113
16.5.1 组织因素	113
16.5.2 RCM 小组	114
16.5.3 计划考虑和培训	114
16.6 结论	115
参考文献	115
第 17 章 全员生产维修	117
17.1 TPM 简介	117
17.2 TPM 变革	119
17.3 对 TPM 的需求	122

17.4	TPM 基本要素	123
17.5	TPM 实施路线图	129
17.6	理想的 TPM 方法	132
17.6.1	引进阶段 (阶段 I)	133
17.6.2	TPM 计划实施阶段 (阶段 II)	140
17.6.3	标准化阶段 (阶段 III)	146
17.7	TPM 实施的障碍	148
17.8	成功实施 TPM 的因素	151
17.9	总结	152
	参考文献	152

第 18 章	保修与维修	155
18.1	引言	155
18.2	维修建模	156
18.2.1	可靠度	156
18.2.2	维修类型	156
18.2.3	故障建模	156
18.3	保修策略	160
18.3.1	基本保修	160
18.3.2	基本保修策略分类	160
18.3.3	保修服务费用分析	161
18.3.4	延长保修策略	161
18.4	保修与维修的联系	161
18.4.1	相关文献分类	162
18.4.2	仅包括修复性维修的保修服务	162
18.4.3	包括修复性维修和预防性维修的保修服务	164
18.5	保修服务方面的维修后勤	165
18.5.1	战略方面问题	166
18.5.2	战术和业务方面问题	167
18.6	保修服务的维修外包	168
18.6.1	代理理论	169
18.7	结论与展望	170
	参考文献	171

第 19 章 基于延迟时间模型的生产设备

检查间隔期优化.....	175
19.1 引言	175
19.2 延迟时间概念和建模特点	176
19.3 复杂设备的 DT 模型	178
19.3.1 停机时间/费用模型	179
19.3.2 在理想检查假设下对 $E[N_f((i-1)T, iT)]$ 和 $E[N_s(iT)]$ 的建模	179
19.3.3 在不完善检查假设下的 $E[N_f((i-1)T, iT)]$ 和 $E[N_s(iT)]$ 建模	181
19.4 延迟时间模型参数估计	182
19.4.1 引言	182
19.4.2 复杂系统的参数估计	183
19.5 算例分析	187
19.6 延迟时间模型的其他进展和未来的研究方向	190
参考文献	192

第 20 章 综合 e-维修和智能维修系统..... 194

20.1 引言	194
20.2 基于状态的维修技术及其发展状况	196
20.3 综合 e-维修解决方案及目前状态	198
20.4 e-维修的技术框架	201
20.5 基于 Watchdog Agent 的智能维修系统	204
20.5.1 R ² M-PHM 平台	205
20.5.2 系统结构	206
20.5.3 多传感器性能评估和预测工具箱	208
20.5.4 维修决策支持系统	212
20.6 先进 e-维修技术集成	214
20.6.1 信息与通信技术通用接口	214
20.6.2 Watchdog Agents 的通用接口要求	219
20.6.3 系统——用户界面需求	221
20.7 工业应用	222
20.7.1 复杂工业资产的 e-维修方案	222

20.7.2	产品全寿命设计和管理的 Watchdog 技术应用....	225
20.7.3	排除轴承退化故障的 Watchdog 技术.....	226
20.8	e-维修应用方案面临的挑战.....	230
20.9	结论.....	232
	参考文献.....	232

第六部分 维修性和系统效能

第 21 章	维修性与系统效能.....	245
21.1	引言.....	245
21.2	维修性概念.....	248
21.2.1	维修性对系统效能的影响.....	249
21.2.2	维修性对安全性的影响.....	253
21.2.3	不可取的维修性实践.....	257
21.2.4	可取的维修性实践.....	258
21.3	维修性分析.....	260
21.3.1	维修性度量方法.....	264
21.3.2	维修工时要素.....	267
21.3.3	维修频率因素.....	268
21.3.4	维修费用因素.....	269
21.3.5	其他相关维修因素.....	269
21.4	试验数据和维修性度量指标.....	270
21.4.1	分析现有数据的可行方法.....	270
21.4.2	基于参数估计的维修性数据分析方法.....	271
21.4.3	基于概率分布的维修性数据分析方法.....	271
21.4.4	概率分布法.....	275
21.5	维修性工程预测方法.....	276
21.5.1	概述.....	276
21.5.2	维修性方块框图概念.....	277
21.5.3	维修性函数公式推导.....	279
21.5.4	不同设计选项的维修性特征.....	284
21.6	维修性工程管理.....	291
21.6.1	维修性工程管理职能的作用.....	292

21.6.2 维修性工程管理功能带来的机遇	293
21.6.3 维修性工程管理功能面临的阻碍	294
21.6.4 可提高维修性的设计方法.....	295
21.6.5 维修性工程管理与经验学习.....	302
21.7 结束语.....	306
参考文献.....	309

第七部分 维修安全、维修环境和人为差错

第 22 章 安全和维修	313
22.1 设定现场.....	313
22.2 定义	315
22.2.1 维修	315
22.2.2 安全	316
22.2.3 危险	316
22.2.4 刺激源	316
22.2.5 事故	316
22.3 维修与安全的联系	317
22.3.1 维修的作用.....	317
22.3.2 维修过程中的安全.....	319
22.3.3 安全维修.....	321
22.3.4 维修中的人为差错.....	325
22.3.5 事故致因理论与维修	326
22.4 维修策略及方案与安全的关系	329
22.4.1 定义	329
22.4.2 维修活动.....	329
22.4.3 维修策略.....	330
22.4.4 维修方案.....	332
22.5 维修安全和事故预防	336
22.5.1 维修中避免事故和危险的方法	337
22.5.2 分析法	337
22.5.3 工程法	338
22.5.4 安全文化.....	341

22.5.5 安全法规.....	342
22.6 安全度量	344
参考文献.....	346

第 23 章 维修质量和环境绩效的提高: 一种综合性方法 ... 351

23.1 概述	351
23.2 维修质量	352
23.2.1 提高维修质量	352
23.2.2 标杆管理与质量	354
23.2.3 维修审核.....	356
23.2.4 基于利益相关者的反馈提高维修质量.....	358
23.3 精益生产 — 维修质量关系.....	360
23.3.1 基本的环保度量指标	361
23.4 综合性方法	361
23.5 结论	364
参考文献.....	364

第 24 章 工业资产维护与可持续性绩效:

对经济、环境与社会的影响..... 366

24.1 引言	366
24.2 工业活动与可持续性趋势.....	367
24.3 可持续性绩效前景	369
24.4 可持续性绩效框架: 从企业到资产	372
24.5 资产可持续性绩效中维修监管的定义	376
24.6 通用维修影响管理流程.....	384
24.7 为可持续性选配有效的资产维修实践	387
24.8 结论	389
参考文献.....	390

第 25 章 维修中人的可靠性和人为差错 396

25.1 概述	396
25.2 术语和定义	396

25.3	与维修中人的可靠性和人为差错相关的事实、 数据和实例	397
25.4	职业压力、人员绩效效能和人员绩效可靠性函数	398
25.5	人为差错发生的方式、后果、分类以及系统寿命 周期内的维修差错	401
25.6	维修中发生人为差错的原因和维修中 最重要的人为问题	402
25.7	适用于工程系统维修差错分析的数学模型	403
25.7.1	模型 I	403
25.7.2	模型 II	406
25.8	有助于减少维修中发生人为差错的指导原则	408
	参考文献	410
 第 26 章 维修工作中的人为差错 —— 设计视角		412
26.1	概述	412
26.2	飞机维修工作中的人为差错	413
26.3	维修差错的影响	414
26.4	设计影响	418
26.5	设计方案所需的分析	419
26.5.1	维修任务	421
26.5.2	维修差错	422
26.5.3	因果关系因素	424
26.5.4	设计策略和原则	427
26.5.5	飞机维修人员意见评价	429
26.5.6	飞机维修环境设计	430
26.5.7	保护飞机与保护维修人员	431
26.5.8	避免维修任务的过于复杂	433
26.5.9	启用充足的维修通道	433
26.5.10	积极推行维修工作的标准化和差别化	434
26.5.11	让差错检测成为维修过程的一部分	435
26.6	结论	435
	参考文献	436