



装备科技译著出版基金

军队“2110工程”资助项目

工程维修中人的可靠性与 人为失误及人为因素

Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance

【加拿大】B.S.Dhillon 著
李 田 刘鹏远 译



国防工业出版社
National Defense Industry Press



CRC Press
Taylor & Francis Group



军队“2110 工程”资助项目

国防科技图书出版基金

工程维修中人的可靠性与 人为失误及人为因素

Human Reliability, Error, and Human
Factors in Engineering Maintenance

【加拿大】B. S. Dhillon 著

李 田 刘鹏远 译

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-2013-197号

图书在版编目(CIP)数据

工程维修中人的可靠性与人为失误及人为因素/(加)B. S. 迪隆(B. S. Dhillon)著;李田,刘鹏远译. —北京:国防工业出版社,2016. 12

书名原文:Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance

ISBN 978-7-118-11200-9

I. ①工… II. ①B… ②李… ③刘… III. ①工程机械—机械维修—可靠性—研究 IV. ①TU607

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第032647号

Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance /by B. S. Dhillon/ISBN:978-1-4398-0383-7

Copyright © 2009 by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC, All rights reserved. 本书原版由Taylor & Francis出版集团旗下,CRC出版公司出版,并经其授权翻译出版。版权所有,侵权必究。

National Defense Industry Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由国防工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有Taylor & Francis公司防伪标签,无标签者不得销售。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 11¼ 字数 190千字

2016年12月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 85.00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

前 言

每年全世界范围要耗费亿万美元用以维修保养工程技术系统。例如,每年美国工业部门在工厂维持费与运行费上消耗掉的金额就要超过 3000 亿。据估计大约总额 80% 的费用都消耗在纠正系统、设备和人员的常见故障上。

多年以来,由于各种各样的因素导致维修活动中产生人为失误的情况已经呈现出上升趋势,其导致的后果可能非常严重。这些后果中的两个典型案例分别是三里岛(Three Mile Island)核事故和芝加哥奥黑尔国际机场(O'hare International Airport)DC-10 型客机坠毁事故。

在这些年里,期刊和会议刊载了大量关于工程维修中人的可靠性、失误和人为因素的文章。但是据本书作者所知,没有一本书同时涵盖了三个主题并且将维修安全包含在内容框架里。这对工程维修从业人员造成了许多困难,使得他们不得不查阅许多不同的原始资料。

因此,本书的主要目标是将这些主题容纳到本书里,方便读者获得想要的信息而不再需要查阅多本文献。本书大多数的数据资料来源都列在各章结尾的参考文献部分。如果读者想进一步对感兴趣的主题或者领域进行探究,这将对他们有所帮助。

本书有一个章节是关于数学概念的,另一个章节是关于人为因素、可靠性和失误的介绍材料的。这些章节对理解后续各章中出现的信息有所帮助。在这两个章节的基础上,有一个章节专门研究工程维修中人的可靠性和失误分析的有效方法。

书中涉及的主题论述采用这样的方式,即不需要读者有任何预先的知识准备就可以理解。作者在书中适当的地方给出了与主题相关的实例及相应的解答,在各章的结尾还有很多帮助读者加深理解的测试题。

本书结尾提供了一份从 1929 年到 2007 年的出版物详尽目录,其内容直接或者间接地与工程维修中人的可靠性、失误和人为因素相关。这个目录能让读者纵览本领域的发展概况。

本书由 11 章组成。第 1 章介绍了工程维修中人为因素、人的可靠性和失误

的发展历史,在工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素的相关重要事实、数值、名词和概念,以及如何获得对工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素有用信息的原始资料。

第2章介绍了对理解后续章节有用的数学概念。本章的主题包括布尔代数、概率特性、概率分布以及有用的概念。第3章介绍了人为因素、可靠性与人为失误的各种相关概念。第4章提出了八个方法,用于工程维修中人的可靠性和失误分析。这些方法有失败模式和效应分析、人机系统分析、根源分析、失误—原因排除程序、因果图表、概率树方法、故障树分析及马尔可夫方法。第5章致力于阐述维修中的人为失误。本章涉及的主题有维修环境、维修失误发生的原因、维修失误的类型、典型维修失误和减少设备维修失误的设计改进准则。

第6章和第7章分别介绍了在航空维修和发电厂维修中人为因素的各个重要方面。第8章致力于阐述航空维修中的人为误差。它涉及如下主题:航空维修中人为失误发生原因、飞机维修中人为失误类型、飞机维修活动中的常见人为失误、维修错误决定辅助决策(MEDA)和减少飞机维修活动中人为失误的有用准则。

第9章阐述了包括事实和数值在内的发电厂维修中人为失误的各个重要方面、发电厂维修中人为失误的原因、对电力生产中人为失误最敏感的维护任务和改善电力生产中维护程序的步骤。第10章致力于阐述工程维修安全。本章的主题涉及事实和数值、维修安全问题原因、影响维修人员安全行为和安全文化的因素及工程设备设计者改善维修安全的准则。

最后一章为第11章,介绍了七个数学模型,用来进行工程维修中人的可靠性和失误分析。

本书将对以下读者有所裨益,包括工作在工程维修领域内的专业工程师,维修工程管理人员,工学专业本科生和研究生,维修技术人员和教师,可维护性、维修安全、人为因素和心理专业人员,设计工程师以及相关工程专业人员。

作者对以下诸位深表谢意,感谢朋友、同事和学生们默默的投入,感谢我的孩子——Ja Smine 与 Mark,感谢他们的耐心和不断打扰,让我有了很多喝咖啡的时间。

最后我要感谢我的妻子 Rosy,我生命的另一半,本书的打字与校对由她完成。

B · S · 迪隆(B. S. Dhillon)

安大略省渥太华市(Ottawa, Ontario)

作者介绍

B · S · 迪隆 (B. S. Dhillon) 博士 渥太华大学机械工程系的工程管理学教授。他担任机械工程系负责人已超过 10 年。在可靠性、安全和工程管理领域发表过 340 篇论文(包括 199 篇期刊论文和 141 篇会议论文),是 9 本国际学术期刊的编辑。此外,B · S · 迪隆博士在可靠性、设计、安全、质量和工程管理领域撰写过 34 本书,分别由 Wiley(1981)、Van Nostrand(1982)、Butterworth(1983)、Marcel Dekker(1984)、Pergamon(1986)等出版社出版。超过 85 个国家在使用他的著作,其中很多本已经被翻译为德语、俄语和中文出版。1987 年,他担任了两个和可靠性与质量控制相关的国际会议首席主席,这两个会议分别在洛杉矶和巴黎举办。迪隆教授还为各种各样的组织团体担任顾问,在工业部门有着多年经验。在渥太华大学,他已经在可靠性、质量、工程管理、设计以及相关领域教学超过 29 年。他在 50 多个国家做过演讲。在北美洲、欧洲、亚洲和非洲举办的各种国际学术会议上他都做过主题报告。2004 年 3 月,B · S · 迪隆博士作为特别发言人出席了外科手术失误会议,此次会议由白宫健康与安全委员会和美国国防部五角大楼发起,在美国国会举办(华盛顿特区宪法大街 1 号)。

B · S · 迪隆教授在英国威尔士大学(The University of Wales)获得电子电气工程专业本科学位与机械工程专业硕士学位。他在加拿大温莎大学(The University of Windsor)获得工业工程专业博士学位。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 发展过程	1
1.2.1 人为因素	1
1.2.2 人的可靠性和人为失误	2
1.2.3 工程维修	2
1.3 在工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素的相关 知识和数据	3
1.4 名词和概念	4
1.5 在工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素的有用资料	5
1.5.1 出版物	5
1.5.2 数据源	8
1.5.3 组织	9
1.6 本书内容范围	10
1.7 问题	11
参考文献	11
第 2 章 基本数学概念	15
2.1 引言	15
2.2 逻辑代数法则和概率性质	15
2.3 有用的概念	18
2.3.1 概率	18
2.3.2 累积分布函数类型 I	18
2.3.3 概率密度函数类型 I	18
2.3.4 概率密度函数类型 II	18
2.3.5 累积分布函数类型 II	19
2.3.6 可靠性函数	19

2.3.7	风险率函数	19
2.3.8	期望值类型 I	19
2.3.9	期望值类型 II	19
2.3.10	拉普拉斯变换	20
2.3.11	拉普拉斯变化;终值定理	21
2.4	概率分布	21
2.4.1	泊松分布	21
2.4.2	二项式分布	22
2.4.3	几何分布	22
2.4.4	指数分布	23
2.4.5	正常分布	24
2.4.6	伽马分布	24
2.4.7	瑞利分布	24
2.4.8	威布尔分布	25
2.5	利用拉普拉斯变换求解一阶微分方程组	25
2.6	问题	26
	参考文献	27
第3章	人为因素、可靠性与人为失误相关概念介绍	29
3.1	引言	29
3.2	人为因素目标和人机系统分类及相互比较	29
3.3	人的感知能力和典型人类行为及相应的设计考虑	31
3.3.1	触觉	31
3.3.2	视觉	31
3.3.3	振动	31
3.3.4	噪声	31
3.4	人为因素相关准则	32
3.4.1	检查人员绩效评估公式	32
3.4.2	休息时间评估公式	32
3.4.3	字符大小评估公式	33
3.4.4	强光常数评估公式	33
3.5	人为因素准则与数据源	34
3.6	人的绩效表现与操作人员压力特性	34
3.7	职业压力源与常见压力诱因	35
3.8	人的可靠性表现函数与纠错函数	36

3.8.1 人的绩效可靠性函数	36
3.8.2 人的纠错能力表现函数	38
3.9 人为失误发生的原因、后果、方式以及分类	38
3.10 人的可靠性和人为失误数据源及定量数据	39
3.11 问题	40
参考文献	41

第4章 工程维修中实现人的可靠性与人为失误分析的方法 43

4.1 引言	43
4.2 失效模式和效应分析	43
4.3 人机系统分析	45
4.4 根本原因分析	45
4.5 失误—原因消除程序	46
4.6 原因—效果图	47
4.7 概率树方法	48
4.8 故障树分析	50
4.8.1 故障树符号	50
4.8.2 实施故障树分析的步骤	50
4.8.3 故障树的概率估计	52
4.9 马尔可夫方法	53
4.10 问题	55
参考文献	56

第5章 维修中的人为失误 58

5.1 引言	58
5.2 事实、数值与案例	58
5.3 在设备全寿命周期内人为失误的发生以及维修人员时间要素	59
5.4 维修失误产生的环境与原因	60
5.4.1 噪声	60
5.4.2 照明不足	60
5.4.3 温度变化	60
5.5 维修失误的类型以及典型的维修失误事件	61
5.6 常见维修性设计失误及为减少设备维修失误的有用设计 改善准则	62
5.7 维护工作指令	63

5.8 维修失误分析方法.....	64
5.8.1 概率树方法.....	64
5.8.2 庞特科沃方法.....	66
5.8.3 帕累托分析.....	67
5.8.4 马尔可夫方法.....	67
5.9 问题.....	69
参考文献	69
第6章 航空维修中的人为失误	71
6.1 引言.....	71
6.2 航空维修中人为因素需求及人为因素如何影响航空 工程与维修.....	71
6.3 航空维修中的人为因素挑战.....	72
6.4 航空维修环境的人为因素实用指南.....	73
6.5 综合维护的人为因素管理体制.....	75
6.6 航空维修人员的人为因素培训计划及训练场地.....	76
6.7 常见的人为因素相关航空维修问题.....	77
6.8 问题.....	77
参考文献	78
第7章 发电厂维修中的人为因素	80
7.1 引言.....	80
7.2 发电厂系统中与维修相关的人为因素技术缺陷.....	80
7.3 能源生产的优良设计系统中与技术维修相关的理想 人为因素特性.....	81
7.4 影响人为因素决策的发电厂绩效目标.....	82
7.5 发电厂中的人为因素研究.....	83
7.6 评估与改进发电厂可维护性的人为因素方法.....	84
7.6.1 任务分析.....	84
7.6.2 可维护性清单.....	85
7.6.3 事故征候/损害分析	85
7.6.4 结构性采访.....	85
7.6.5 关键事件技术.....	86
7.6.6 调查.....	86
7.7 能源生产中人为因素工程应用的优点.....	87

7.8 问题	87
参考文献	88

第8章 航空维修中的人为失误 89

8.1 引言	89
8.2 事实、数据与案例	89
8.3 航空维修中的人为失误原因及航空维修与检查任务中的人为 失误主要分类	90
8.4 飞机维修中人为失误的类型以及发生的频率	90
8.5 航空维修活动中的常见人为失误	91
8.6 航空维修失误分析方法	91
8.6.1 因果图	91
8.6.2 失误—原因排除程序	93
8.6.3 故障树分析	94
8.7 维修失误决策辅助	96
8.8 航空维修活动中减少人为失误的有用原则	96
8.9 在航空维修中人为失误的案例研究	98
8.9.1 大陆航空 Embraer120 事故	98
8.9.2 中西部航空 Raytheon(湾流)1900D 事故	99
8.9.3 英国航空公司 BAC1-11 事故	99
8.10 问题	99
参考文献	100

第9章 发电厂维修中的人为失误 102

9.1 引言	102
9.2 事实与数值	102
9.3 发电厂维修中人为失误的原因	103
9.4 能源生产中对人为失误最为敏感的维修任务	105
9.5 能源生产中的运行维修失误分析方法	106
9.5.1 故障树分析	106
9.5.2 马尔可夫方法	107
9.5.3 维修人员表现仿真模型	110
9.6 在电力生产中维修程序改进步骤与电力生产维修中人为失误 减少与预防的指导原则	110
9.7 问题	111

参考文献	112
第 10 章 工程维修的安全	114
10.1 引言	114
10.2 事实、数值与案例	114
10.3 维修安全问题的缘由及对维修活动中的安全信誉造成影响的因素	115
10.4 维修人员安全行为与安全文化的影响因素	115
10.5 在维护工作过程中与安全相关的良好案例及与机器有关的涉及维修安全的措施	116
10.6 工程设备制造商的维修安全相关问题	118
10.7 为提高维修安全在工程设备设计中的指导原则	119
10.8 数学模型	120
10.9 问题	123
参考文献	123
第 11 章 工程维修中人的可靠性和误差分析数学模型	125
11.1 引言	125
11.2 在正常与振动环境中对于维修人员可靠性的预测模型	125
11.2.1 模型 I	125
11.2.2 模型 II	127
11.2.3 模型 III	129
11.3 执行单个系统维修失误分析的模型	131
11.3.1 模型 I	132
11.3.2 模型 II	133
11.4 实现冗余系统维修失误分析的模型	136
11.4.1 模型 I	136
11.4.2 模型 II	139
11.5 问题	141
参考文献	142
附录	144
A.1 引言	144
A.2 出版物	144

第1章 绪 论

1.1 研究背景

工业革命以来,在野外环境下的工程设备维修一直是富有挑战性的事。多年来,尽管野外环境下的设备维修已经取得了很大的进展,但是从成本、复杂性、竞争性和规格等因素来看,设备维修依然是一个极富挑战性的问题。全世界每年维修工程系统需要花费数以亿计的美元。例如,美国工业每年的工厂维修与运行要花费达 3000 亿美元^[1]。据估计,大约其中的 80% 的费用消耗在纠正系统、设备和人员的常见故障上。

多年来,由于各种各样的因素,人在维修活动中的失误发生率越来越高,其后果非常严重。这样严重的后果有两个案例:三里岛的核事故与芝加哥奥黑尔机场的 DC-10 型客机事故(272 个人在这次事故中丧生^[2-5])。自 19 世纪 20 年代末,大量相关的出版物不断涌现,与人的可靠性、人为失误或工程维修中的人为因素有直接或间接的联系。附录提供了一份包含 200 多个此类出版物的详细清单。

1.2 发展过程

本节给出了工程维修中人为因素、人的可靠性与失误的历史发展纵览。

1.2.1 人为因素

人为因素的历史可以追溯到 1898 年。当时弗雷德里克·W·泰勒(Frederick W. Taylor)做了各种研究来确定铲子的最佳设计方案^[6]。1911 年,弗兰克·B·吉尔波斯(Frank B. Gilbreth)研究砌砖方法,并因此发明了脚手架。这个发明使得砌砖工每小时砌砖数量几乎翻了 3 倍(120 砖/h ~ 350 砖/h)。

1918 年,美国政府在俄亥俄州赖特·帕特森空军基地(Wright Patterson Air

Force Base) 和得克萨斯州布鲁克斯空军基地 (Brooks Air Force Base) 建立实验室做人因素相关管理研究^[9]。在第一次世界大战到第二次世界大战期间, 工业工程学和工业心理学等学科得到重大发展。1945 年, 人为因素工程学被认可为一门特殊的工程学科。在 20 世纪 50 年代和 60 年代, 美国军队和空间研究计划进一步增强了人为因素在系统设计上的重要性。

近年来, 有许许多多与人为因素有关的文献以教科书、技术报告、设计规范和论文的形式发表。此外, 全世界有许多学术性刊物、年会和专业团体都在致力于人为因素领域研究。人为因素的历史发展补充内容可在文献 [7 - 10] 中找到。

1.2.2 人的可靠性和人为失误

人的可靠性和人为失误的历史可以追溯到 20 世纪 50 年代后期。H · L · 威廉姆斯 (H. L. Williams) 指出人为要素的可靠性必须归入系统可靠性预测, 否则被预测的系统可靠性将无法反映实际情境^[11]。1960 年, 夏皮罗 (Shapero) 等指出很大一部分的设备故障 (20% ~ 50%) 是由于人为失误造成的^[12]。在同一年, W · I · 拉文 (W. I. LeVan) 的研究也指出 23% ~ 45% 的设备故障应归因于人为失误^[13]。

1973 年, 著名期刊《电气及电子工程师学会学报》出版了一本以人的可靠性为主题的特刊。1986 年, 第一本关于人的可靠性的书《与人为因素有关的人的可靠性》(Human Reliability: With Human Factors) 发表^[14]。人的可靠性和人为失误的历史发展相关的补充知识可在文献 [14 - 16] 中找到。文献还给出了一份与此问题有关的公开出版物详细列表^[17]。

1.2.3 工程维修

尽管工程维修的历史可以追溯到 1769 年大英帝国的蒸汽机发明者詹姆斯 · 瓦特 (James Watt, 1735—1819) 身上, 但直到 1882 年美国的一本期刊《制造厂》才第一次扮演了维修领域发展过程中的批评角色^[18,19]。1886 年, 一本名为《铁路维修》的书在美国出版^[20]。预防性维修这个术语在 20 世纪 50 年代被创造出来, 同时一本关于维修工程的手册在 1957 年出版^[21]。多年以来, 大量关于工程维修的著作以教科书、技术报告和论文的形式发表, 并且现在在全世界已经有许多机构提供关于工程维修的学术研究计划。

1.3 在工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素的相关知识和数据

一些直接或者间接涉及在工程维修中人的可靠性、失误和人为因素的知识点及数据如下:

- 美国联邦工业每年的工厂维修与运行要花费 3000 亿美元。大约其中 80% 的费用消耗在纠正系统、设备和人的常见故障上^[1]。

- 在制造业组织结构中工厂维修部门的典型规模占运营员工总数的 5% ~ 10%^[22]。

- 在一项安全问题研究中,对于 1481 起飞机机载事故的统计表明,维修和检修成为第二重要的安全问题^[23,24]。该安全问题研究对从 1982 年到 1991 年间全世界范围内的喷气式飞机机载事故进行研究分析。

- 在 1993 年的一项维修事故安全研究中表明有四种类型的维修失误:遗漏(56%)、安装错误(30%)、分配错误(8%)及其他(6%)^[23,25]。该安全研究对 122 件与人为因素有关的维修事故进行研究分析。

- 在 1990 年美国海军 LPH2 级(直升机降落平台 2 型)两栖登陆舰硫磺岛号(Iwo Jima)上,当维修工人使用了互相不匹配的器件对阀门进行修理并替换发动机盖锁扣之后,发生了锅炉间的蒸汽泄漏事故,有 10 个人因此而丧生^[27]。

- 一项关于导弹作战中维修失误的研究将失误原因归纳为六个类别:刻度盘和控制器(度数错误、观察错误、设置错误)(38%)、安装错误(28%)、随意装配(14%)、作业位置不可达(8%)以及杂项(17%)^[5,17]。

- 1985 年,因为维修失误导致 520 个人在日本航空公司波音 747 型飞机飞行事故中丧生^[28,29]。

- 一项关于包括拆除、校准和校直在内的多样性维护任务的研究指出人的可靠性平均数值为 0.9871^[30]。

- 在 1990 年一项核能发电事故的研究指出 42% 的问题与维修和改造有关^[4]。此项研究对 126 个与人为失误有关的核能发电重大事故进行研究分析。

- 1979 年,因为维修工工序错误导致了 272 人在芝加哥 DC-10 飞机事故中身亡^[5]。

- 一项研究对从 1992 年到 1994 年期间一个沸水反应堆(BWR)核电站超过 4400 条维修历史记录进行了研究分析。该研究指出大约 7.5% 的故障记录

可以归咎于维修行为中的人为失误^[31,32]。

- 根据参考资料维修失误导致了 15% 的运输机事故,每年消耗美国航空工业超过 10 亿美元。

- 在 1988 年英国的克拉彭铁路枢纽站 (Clapham Junction), 由于接线时的维修失误发生事故, 导致了 30 人死亡和 69 人重伤^[34]。

- 一个考察报告指出, 在火力发电厂中超过 20% 的系统故障是人为失误和维修错误造成的, 这说明人为失误是火力发电厂每年大约 60% 功率损失的原因。波音公司的研究表明, 19.1% 的在航发动机停车是由维修错误引起^[33]。

- 一项研究表明, 从 1965 年到 1995 年间发生在日本核电站的 199 个人为失误中大约有 50% 与维修活动有关^[36]。

- 一项研究表明, 维修与检查是导致大约 12% 的重大飞机事故的因素^[37,38]。

- 1988 年, 波音 737-200 型客机的上层结构在飞行过程中由于结构损坏而掉落, 此项事故的主要原因是维修人员在检查过程中没有能发现机壳外部超过 240 条的裂缝^[39,40]。

1.4 名词和概念

本节介绍了一些有用的名词和概念, 这些名词和概念与工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素有关^[41-50]:

- 维修: 维持或者修复一个零件或设备以达到特定条件所需要的所有行为。
- 人的可靠性: 在任何一个系统的特定运行阶段中人在最小限定时间期限内 (如果时间要求确定) 成功完成一项任务的概率。

- 人为因素: 一个与人类特性有关的科学事实的名词主体。术语涵盖了社会心理与生物医学上的考量。它也包括但是不局限于人员选择、培训原则以及在人体工程学、人员表现评估、工作表现援助以及生命保障等领域的实际应用。

- 人为失误: 由于未能完成一项特定任务 (或者错误地实施了明令禁止的行为) 导致了预定运行产生故障或者对装备与资产造成损害。

- 修复性维护: 因为维修人员或者用户的认知缺乏或认知错误导致的计划外维修或者对设备、系统及零件的恢复维修。

- 检查: 对零件状况与性能的定性观测。

- 安全:对人的生命及其效用的保护,对按照特定任务要求可能发生损害的预防。

- 人的绩效:在给定条件下对行为与事故的量度。

- 预防性维修:在有计划的、周期性的、具体的程序中所实施的行为,通过修理与检查以确保装备在正常的生产条件下运行。以上所有的行为都是为减少故障发生的概率或者预防后续装备效用降低到无法接受的水平,而不是故障发生后再进行修正。

- 故障:项目、装备、系统无法再执行它的指定功能。

- 事故:特指事件包含了对特定系统的损害以至于电流或者系统输出的突然中断。

- 人的绩效可靠性:在特定条件下人员能够履行所有规定功能的概率。

- 维修人员:实施预防性维修、对用户的业务上的交流进行回应、对于一个项目或者设备执行适当的修复性维修的个体,又可以称为维护工程师、服务人员、修理人员、技师和技工。

- 连续性任务:包含一些追踪行为(如监视一个变化的状态)的任务/工作。

- 任务期限:执行一个给定任务所需的正常运行时间要素。

- 危险情况:威胁人的生命、财产、健康或者环境的潜在状态。

- 风险:损害的严重程度与危险情况的发生概率。

- 可维护性:在故障情况下能够修复至可满足生产条件的概率。

- 可靠性:在规定的条件下在要求的时期内一个对象实现特定功能的概率。

- 冗余性:使用超过一个手段来实现一个规定的功能。

1.5 在工程维修中人的可靠性、人为失误 和人为因素的有用资料

本节列出了选定的出版物、组织和数据源,可以从中直接或者间接地获取在工程维修中人的可靠性、人为失误和人为因素的有用信息。

1.5.1 出版物

出版物分为四类:书、技术报告、会议记录和期刊。

1.5.1.1 书

- Reason, J., Hobbs, A., *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*, Ash-