

装备损伤 与维修技术

Zhuangbei Sunshang Yu Weixiu Jishu

袁晓静 苏勋家 侯根良 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

装备损伤与维修技术

袁晓静 苏勋家 侯根良 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书从装备性能劣化和维修安全入手,分析了装备失效的模式与机理,介绍了装备维修的过程控制,阐述了表面损伤、变形以及断裂修复等传统的维修技术并辅以相关案例,较为系统地介绍了装备战场抢修中高效典型的快速维修技术,以及提高维修能力的虚拟维修技术。本书可作为相关科研人员、工程技术人员的指导用书,也可作为大专院校装备维修保障专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

装备损伤与维修技术 / 袁晓静, 苏勋家, 侯根良编
著. —北京: 国防工业出版社, 2015. 5
ISBN 978 - 7 - 118 - 10015 - 0

I. ①装... II. ①袁... ②苏... ③侯... III. ①武器装备 - 损伤②武器装备 - 维修 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 104224 号

※

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)
天利华印刷装订有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 14 1/4 字数 326 千字
2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 48.00 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

装备维修技术是恢复装备性能的重要支撑,是现代装备技术保障的重要组成部分。随着科技的发展,传统零件修复技术有了新的进展,并不断产生新的维修技术和方法手段。基于此,本书从装备的性能劣化与维修安全两个命题入手,抓住“修复”技术主线,强化维修过程控制和不同维修技术的适应情况,努力将传统维修技术及其最新进展融为一体,尽可能体现装备“维修”技术体系。

书中,在维修知识继承方面,围绕基层装备维修的一般问题,通过对诸多资料与教学实践梳理,以机械与电气设备为主,沿着装备性能劣化的思路,由结构表面损伤、变形损伤,直至断裂损伤等,分析不同阶段装备失效模式与维修特点;阐述相关阶段的维修技术,着力运用技术科学发展的观点,展示装备维修技术的发展过程;在装备维修实践案例层面,以采用维修质量控制为牵引,旨在梳理装备维修技术点多面广、技术分散、实践指导性强的特点,增强装备维修技术的有效性与实用性。在维修技术创新方面,主要展示了王汉功教授带领的科研团队近些年来陆续在装备维修技术领域所做的一些工作,包括在表面损伤热喷涂技术、战场快速堵漏技术以及虚拟维修仿真技术方面取得的一些成果。

全书共 10 章。其中第 1 章、第 2 章、第 5 章由苏勋家教授编写,第 3 章、第 4 章、第 7 章、第 10 章由袁晓静同志编写,第 6 章、第 8 章、第 9 章由侯根良副教授编写。全书由袁晓静同志统稿,由苏勋家教授审阅,侯根良副教授校对。

本书得到了总装维修科学改革项目的支持,也得到了总装维修专家的指导,还继承了近些年来维修专业的相关知识,为本书的系统性与创新性奠定了基础,在此表示感谢!本书的编写是笔者对装备维修技术的粗浅认知,因此,本书所存不足之处,敬请广大读者批评指正。

谨以此书献给我的导师王汉功先生!

编者

2015 年 2 月 10 日

目 录

第1章 绪论	1
1.1 装备维修与维修技术	1
1.1.1 装备维修	1
1.1.2 广义装备维修技术	2
1.1.3 现代装备维修技术	3
1.2 维修技术体系	4
1.3 维修技术的发展方向	4
第2章 装备性能劣化与维修安全	8
2.1 装备性能劣化	8
2.1.1 装备工作性能	8
2.1.2 装备的极限技术状态	8
2.1.3 装备极限技术状态的确定原则	9
2.1.4 装备性能劣化	15
2.1.5 维修原则	17
2.2 维修安全	18
2.2.1 维修安全的内涵	19
2.2.2 维修安全理论	20
2.2.3 维修安全控制	21
第3章 装备失效模式	25
3.1 装备失效分析基础	25
3.1.1 失效分析的基本概念	25
3.1.2 装备失效的分类	27
3.1.3 失效分析与失效评估	28
3.2 失效模式	34
3.2.1 表面损伤失效	34
3.2.2 变形失效	45
3.2.3 断裂失效	48
3.2.4 老化失效	54
3.2.5 电气元件失效	56
第4章 维修过程控制	61
4.1 技术准备	61

4.1.1	技术文件的准备	61
4.1.2	维修工艺规程的制定	63
4.2	装备拆卸与分解	64
4.2.1	拆卸与分解的基本要求及原则	64
4.2.2	典型零、部件拆卸与分解工艺	66
4.3	零件清洗	69
4.3.1	清洗及其分类	69
4.3.2	清洗的基本要素	70
4.3.3	物理清洗技术	71
4.3.4	化学清洗技术	72
4.4	零件鉴定技术	74
4.4.1	典型零件几何量鉴定技术	74
4.4.2	零件力学性能鉴定技术	80
4.5	组合与装配	81
4.5.1	组合与装配的概念	81
4.5.2	装配尺寸链	82
4.6	调整与校正	86
4.6.1	调整技术	86
4.6.2	校正技术	93
第5章	表面损伤修复技术	96
5.1	热喷涂技术	96
5.1.1	基本构成	97
5.1.2	典型热喷涂技术	99
5.1.3	喷涂修复工艺	104
5.2	电刷镀技术	106
5.2.1	概述	106
5.2.2	刷镀工艺	110
5.3	堆焊	117
5.3.1	自动堆焊	118
5.3.2	堆焊后产生的缺陷及原因	120
5.4	激光表面强化	120
5.4.1	激光表面热处理	121
5.4.2	激光表面熔化	122
5.5	修复层质量检测	122
5.6	表面损伤修复案例	126
5.6.1	热喷涂修复技术案例	126
5.6.2	减速机齿轮轴与轴承座孔的修复实例	127

第6章 变形损伤修复技术	130
6.1 维修基准的选择	130
6.2 维修尺寸法	132
6.3 附加零件法	135
6.4 局部更换法	136
6.5 变形的修复	137
6.5.1 墩粗法	137
6.5.2 挤压与扩张	138
6.5.3 矫正	138
6.6 变形损伤维修案例	140
6.6.1 底盘典型变形损伤零件的矫正修复	140
6.6.2 底盘典型变形损伤零件的热矫正修复	141
6.6.3 液压缸变形损伤的热矫正修复	142
第7章 断裂损伤修复技术	144
7.1 金属扣合	144
7.1.1 金属扣合分类	144
7.1.2 强固扣合工艺	145
7.2 焊补	146
7.2.1 铸铁的焊补	146
7.2.2 有色金属的焊补	148
7.2.3 合金钢的焊补	150
7.2.4 焊修与焊补的缺陷	152
7.3 胶粘修复技术	156
7.3.1 胶粘原理及粘接的主要方法	156
7.3.2 胶粘工艺与强化措施	160
7.4 断裂损伤维修案例	167
7.4.1 发动机维修案例	167
7.4.2 液压缸划伤的胶粘修复	169
第8章 电气光学设备维修技术	171
8.1 电气设备修理工艺	171
8.1.1 一般要求	171
8.1.2 印制电路板元器件更换	171
8.1.3 整机的维修	172
8.2 光学设备维护技术	173
8.2.1 光学设备维护技术	173
8.2.2 光学设备检修技术	175

第9章 战场抢修技术	178
9.1 抢修方法	178
9.2 无电焊接技术	179
9.2.1 概述	179
9.2.2 无电焊接机理	179
9.2.3 无电焊接笔的制备	181
9.2.4 无电焊接工艺	182
9.3 复合贴片技术	183
9.3.1 概述	183
9.3.2 复合贴片快速修复技术的分类及特点	184
9.3.3 复合贴片性能的影响因素	184
9.3.4 复合贴片技术的应用	188
9.4 快速堵漏粘接技术	188
9.4.1 基本原理	188
9.4.2 密封剂设计原则	189
9.4.3 快速堵漏方法	191
9.4.4 快速堵漏工艺	192
9.5 高分子合金划伤填补技术	194
9.5.1 概述	194
9.5.2 高分子合金的组成及粘接机理	194
9.5.3 高分子合金划伤填补材料	195
9.5.4 高分子合金划伤填补工艺	196
9.5.5 常见划伤缺陷及处理方法	198
9.6 Pit-stop 抢修技术	199
9.6.1 Pit-stop 维修与常规维修的比较	199
9.6.2 美军 Pit-stop 创议	200
9.6.3 Pit-stop 的实施	201
第10章 虚拟维修技术	203
10.1 虚拟维修训练技术	203
10.1.1 概述	203
10.1.2 车辆虚拟维修训练系统	205
10.2 装备虚拟维修仿真技术	209
10.2.1 底盘维修模型构建	209
10.2.2 沉浸式虚拟维修仿真系统的实现	212
10.2.3 底盘变速箱系统虚拟维修仿真案例	216
参考文献	220

第1章 绪 论

1.1 装备维修与维修技术

1.1.1 装备维修

1. 装备维修的概念

“维修”已在多个标准中给出了定义。GJBZ 20365—1996《军事装备维修基本术语》认为:维修是使装备保持、恢复或改善规定技术状态所进行的全部活动。GJB 451 A—2005《可靠性维修性保障性术语》认为:维修是使装备保持或恢复规定状态所进行的全部活动。美军用标准 MIL-STD-721C《可靠性和维修性术语的定义》认为维修是:使装备保持或恢复到规定状态所采取的全部措施。维修的释义很简单,就是维护(Servicing)和修理(Repair)的简称。维护是保持某一事物或状态不消失、不衰竭,相对稳定;修理则是使损坏了的东西恢复到能重新使用,即恢复其原有的功能。

装备维修是使装备保持、恢复规定的技术状态和改善装备性能所进行的维护和修理活动。按维修机构和等级,分为基层级维修、中继级维修、基地级维修;按装备的修理级别分为大修、中修和小修。

2. 维修的分类

从不同的角度出发,维修可有不同的分类方法,最常用的是按照维修的目的与时机,将其分为计划维修、预防性维修、修复性维修、改进性维修和战场抢修五种基本种类。

(1) 计划维修(Scheduled maintenance):按照预定计划对装备实施的维修。

(2) 预防性维修(Preventive maintenance):通过对装备的系统检查和检测,发现故障征兆并采取措施以防止故障发生所进行的维修。通常包括擦拭、润滑、调整、监控、定期检查、定期拆修和定期更换等技术环节。

(3) 修复性维修(Remedial maintenance):为使故障装备、受损装备恢复规定的技术状态所进行的维修。

(4) 改进性维修(Modification maintenance):为改善装备的技术性能或保障特性,利用成熟技术对其进行的维修。

(5) 战场抢修(Battlefield maintenance):在战场上采用应急手段和方法使损坏装备迅速恢复必要功能所进行的自救、拖救和突击修理。

3. 维修方式

对装备及其部件维修的方法和形式,称为装备维修方式。包括定时维修、视情维修和事后维修等。

(1) 定时维修(Regular maintenance):依据规定的装备使用时间、累计工作时间或行驶里程等进行的预防性维修,包括定时的装备维护和修理。

(2) 视情维修(On - condition maintenance):根据对装备技术性能检测或监控的实时状态及其变化情况安排的预防性维修。

(3) 事后维修(Breakdown restoration maintenance):将发生故障后的装备恢复到规定技术状态所进行的维修。

4. 维修等级

(1) 基层级维修(Glass - roots level maintenance):团以下部队装备维修机构或装备操作人员进行维修。装备维修机构主要承担装备的技术检查、小修、封存、技术管理和维修器材筹措与供应,以及战时装备维修保障等任务;装备操作人员主要承担装备的维护、技术检查等任务。

(2) 中继级维修(Intermediate level maintenance):军区直属修理所和军、师、旅级单位所属的装备维修机构进行的维修。主要承担装备中修、部件附件修理和部队巡回修理,以及战时装备抢修等任务。

(3) 基地级维修(Base level maintenance):总部、军兵种、军区所属各类装备修理工厂和仓储机构,以及地方有关工厂进行的维修。主要承担装备的大修、改装、零部件制造与修理,以及平时和战时的维修支援等任务。

1.1.2 广义装备维修技术

装备维修技术是指以保障遂行军事任务为目的,为保持、恢复和完善装备战术技术性能或功能,以及延长装备使用寿命所采取的各种方法、手段的统称。其方法和手段包括:实施装备维修所需的设施、装备、工具、工艺、技能、经验及相关理论知识等。装备维修技术是科学技术发展应用于装备维修领域的一项综合性工程技术。装备维修技术是在长期维修保障实践过程中逐步形成的,其知识密集、专业复杂、门类繁多,体现出复杂性、综合性、实用性和时效性的本质特征。

(1) 复杂性。主要表现在:一是现代装备大量采用最新科技成果,涉及的技术宽泛,种类繁多,作为保障支撑的装备维修技术,其涉及的内容种类也多了。同时,随着信息技术的迅猛发展及其在军事装备上的广泛应用,这种复杂性将更趋明显。二是装备维修技术门类繁杂、相互渗透,既有传统技术,又有现代技术;既有单项技术,又有综合技术;既有通用技术,又有专用技术;既有应用基础技术,又有应用技术;既有理论基础,又有技能经验等,体现出装备维修技术的复杂性。三是装备维修是一项技术性很强的实践活动,需要提供更多的技术支持和保障。一方面装备维修工作贯穿于装备全系统全寿命管理过程,从装备论证、研制、采购、使用、维修,直至退役报废的各个环节,都需要提供技术支持;另一方面装备维修工作是装备工作的重要组成部分,是部队装备管理的经常性工作。作为装备维修工作的基础,装备维修技术必须为提高装备维修工作质量和效率提供全面支持,这就决定了装备维修技术的复杂性。

(2) 综合性。体现出科学技术发展与装备维修综合的交集关系。一是装备维修技术自身的综合性。例如,装备表面修复技术、装备状态监控技术、装备检测技术、装备故障诊断技术、装备战场抢修技术、装备延寿技术等都是一系列技术的综合运用。二是科学技术的多元化模式。随着科学技术发展,学科交叉融合越来越强,导致装备维修技术必须依赖于多学科的交叉融合及多种技术的复合应用。三是信息化为主的技术发展促进了装备维

修技术的综合运用,以及维修技术的进步,扩展和提升了设施、装备的功能和性能,催生了一些新概念维修技术的诞生,使装备维修技术综合性程度更高。

(3) 实用性。即装备维修技术主要用于解决部队装备维修过程中所面临的实际问题。装备维修技术发展必须以装备维修需求为背景,面向装备、面向部队、面向战备,为提高装备维修水平和能力提供手段,为提高保障力和战斗力提供支撑。在维修结构方面,装备维修技术属于实用性技术,体现了成熟科学技术在装备维修领域的深入应用和集成创新。在技术成果方面,更多地体现在适合装备维修的仪器、装备、工具和系统的开发。

(4) 时效性。与普通维修技术相比,装备维修技术的时效性要求更高。装备是部队训练和作战的基础,需要随时保持完好的技术状态。因此,装备维修保障必须在规定的时限内完成预定的任务,以最大程度地提高装备完好率和出动率。在装备维修技术中,装备战场抢修技术具有突出的地位和作用,有时甚至可以以牺牲装备部分功能或性能为代价换取时效性要求。因此,装备战场抢修技术成为装备维修技术发展的重要领域。

1.1.3 现代装备维修技术

现代装备维修中,形成了包含基本理论、技术基础和专业技术的比较完整的现代装备维修技术。主要表现在:

(1) 装备维修技术活动范围扩展到人类活动特别是军事活动的各个领域,需要有适应各种环境的维修技术,从而形成了包括深海、高空等环境的各种维修技术。

(2) 装备维修对象扩展到大型复杂武器系统以及自动化信息系统,使维修技术的内涵大大扩展。为适应各种现代装备维修需求,“以可靠性为中心的维修(RCM)”的维修理论应运而生,将针对机械装备为主的故障后修复和定期维修发展到以视情维修为主并与定期维修相结合,迫切需要发展故障检测、隔离(故障诊断)技术;同时,随着电子技术、传感器技术的发展和广泛应用而产生的测试诊断技术,成为维修技术的重要部分。

(3) 由于航空航天的特殊性,要求装备系统具有高可靠性、高安全性,基于状态的维修(CBM)和预先维修(PaM)的理论和技術得以发展和应用。对故障的检测、隔离,已由事后维修向预测发展,各种实时或接近实时状态监控技术迅速发展;由对功能故障、潜在故障的检测向“条件性故障”发展,实现“零失效”检测;以寿命预测、状态监控技术为中心,形成了新兴的“主动”维修技术。

(4) 伴随再制造技术的发展,表面工程修复技术得到广泛应用,形成零部件修复、防护、再制造绿色新技术。

现代装备维修技术以先进材料技术、先进制造技术、电子技术等众多学科或技术为基础,覆盖装备维修各个方面,也反映了以下特点:

一是装备维修技术的发展与装备发展和作战使用要求相适应。装备发展和作战使用要求是装备维修技术发展的推动(牵引)力,而装备维修技术的发展在一定程度上影响装备的发展。

二是装备维修技术的发展必须以多种相关科学技术的发展为基础,同时,装备维修技术的发展对相关科学技术发展也有促进作用。其中最为突出的是制造技术、材料科学与技术、信息技术等。

三是装备维修技术的发展必须以装备维修理论的发展为先导,而装备维修技术的重

大发展又可能促使装备维修理论的突破。新的装备维修理论促使装备维修技术发生重大变化,如绿色维修理论对维修技术的发展产生重要影响。

1.2 维修技术体系

装备维修技术是构建装备维修技术体系的基础。不同的装备维修技术决定了其在体系结构中的位置,影响着装备维修技术体系的水平、质量和功能。装备维修技术体系是关于各类装备维修技术及其相互关系的整体描述。所以,装备维修技术与装备维修技术体系是局部和整体的关系,它们之间相互依存,相互作用,共同推进装备维修技术及其体系的发展。

参考《军事装备学》中对装备学科的分类方式,装备维修技术体系结构如图 1.1 所示。该体系结构由技术基础、通用技术、专业应用三大部分组成。

技术基础层部分主要包括技术基础与基础理论,根基是装备寿命周期分阶段目标,主要侧重于理论研究,体现装备维修技术学科和理论发展的需要。技术基础为装备维修技术提供基础知识和技术原理,是装备维修技术的重要支撑。基础理论是装备维修技术的“软件”部分,对装备维修技术的发展方向、思路、策略产生重要影响。

通用技术层,包括维修规划技术、维修管理技术、维修作业技术、维修信息化技术等,是装备维修技术的主体,反映出与装备维修技术密切相关的基础知识。

专业应用层部分是装备维修技术的运用层面,是装备维修实际运用、操作的技术,是装备维修技术的直接表现形式。

三大部分中,技术基础着重反映对装备维修技术的理性认识、历史发展,以及一些基本规律,对维修技术提供理论指导;通用技术主要反映装备维修技术的基本知识及基本原理,是与装备维修技术密切相关的基础知识,对专业技术的形成和发展具有重要影响;专业应用实际上是一种应用技术,是在维修理论指导下,将有关科学知识和技术合理地运用到军兵种各级维修的实践中。

1.3 维修技术的发展方向

回顾装备维修技术发展历程,装备维修技术已由传统维修技术发展到现在维修技术,并向基于高科技的维修技术转变。装备维修技术正在由简单到复杂,由低级到高级,由单一到综合,由机电技术主导到以信息技术为主导的跨越发展的历史阶段。

1. 科技含量越来越高

当前,装备维修技术已成为装备维修保障能力的第一要素。现代装备维修早已不是过去的敲敲打打,修修补补,而是高技术应用的集合,随着科学技术的迅猛发展和在维修中的大量应用,装备维修的科技含量将会越来越高,从根本上改变装备维修的面貌,使得传统的维修逐渐实现科学化。例如,新材料技术(特别是纳米材料)、激光技术、生物技术、装备技术等高新技术快速发展,并不断扩展其在维修领域中的应用,极大地促进了维修技术的进步,推动了装备维修保障能力的飞跃,甚至引起装备维修方式的变化或改革。

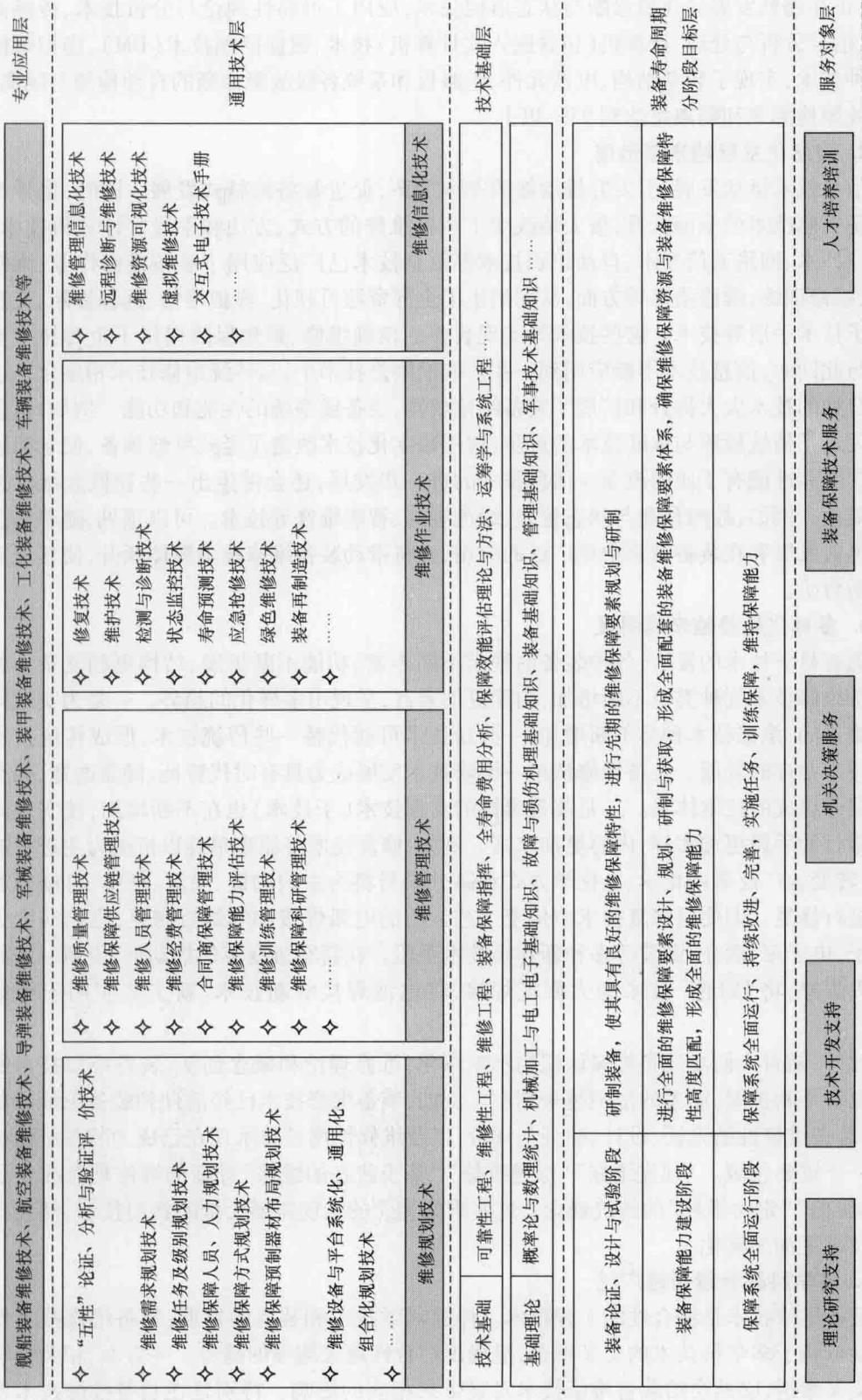


图 1.1 装备维修技术体系结构框图

例如,正在蓬勃发展的故障诊断与状态监控技术,应用了可靠性理论与分析技术、传感器技术、信号分析与处理、计算机(包含嵌入式计算机)技术、数据挖掘技术(DM)、虚拟维修等多种技术,实现了装备结构、电器元件、电路板和系统各级故障诊断的自动检测与隔离,装备故障检测率和隔离率达到95%以上。

2. 信息化发展越来越迅速

信息技术迅猛发展,引发并推动新的军事变革,促进装备跨越式发展。同时,也带动了装备维修技术的全面跃升,极大地改变了装备维修的方式、方法和手段。计算机技术、数据库技术、网络通信技术、自动识别技术等信息技术已广泛应用于装备维修作业、维修管理、维修训练、维修指挥等方面,从而衍生了全部资源可视化、虚拟维修、远程诊断、交互式电子技术手册等技术。这些技术为实现装备的精确维修、聚焦保障提供了重要技术支撑。与此同时,信息技术不断应用到一些传统的维修技术中,与传统维修技术相融合。这种复合型的技术大大提升和扩展了装备维修仪器、装备或系统的性能和功能。例如,信息融合促进了传统检测与诊断技术的进步;应用数字化技术改造了老式维修装备,使老旧装备的功能和性能有了质的改变。信息技术的进一步发展,还会催生一些新概念维修技术的诞生。例如,故障预测与状态管理、绿色维修、智能维修等技术。可以预见,随着信息技术迅猛发展和在装备维修中更广泛的应用,必将带动装备维修技术整体跃升,使其迈上一个新台阶。

3. 多样化趋势越来越明显

随着科学技术的发展,各种装备的种类不断丰富、功能不断扩展、结构更趋复杂。相应装备维修技术的种类也不断增加,内涵更加丰富,呈现出多样化的趋势。一是为实现同一维修目的,维修技术种类不断增加,一些新技术可能代替一些传统技术,形成传统技术与新技术并存的局面。装备维修从单一维修技术发展成为具有时代特征、涵盖面宽、拥有多个层面组成的技术体系。二是装备维修的支撑技术(子技术)也在不断增加,使实现同一维修目的的手段更加多样,内容更加丰富。例如,修复技术将原来单纯以机械为主进行的修复,转变为广泛采用化学、电化学方式和高分子材料为主的刷镀、喷涂、粘接、自修复等技术进行修复。即便是修复技术中传统工艺常用的电弧焊接和气焊接修复,也已演变为等离子、电子束、激光、微波等多种新焊接技术手段。在新军事变革的推动下,更新一代的机器人焊修,将“绿色”技术的太阳能焊接,将电池焊接等新技术、新工艺应用于维修领域。

此外,随着人们对装备维修认识的不断深化,维修理论和概念创新,装备维修技术的外延也在不断扩展,涵盖的范围越来越广。例如,装备维修技术已经前伸到装备论证研制阶段,装备维修性的论证、设计、验证与评价,以及维修性增长技术现在已成为装备维修技术的一个重要领域。“预先维修”“绿色维修”“基于状态的维修”等新的维修理念改变了“事后维修”“定时维修”的传统观念。这些维修理念的实现需要大量的新型技术,使装备维修技术更加多样化。

4. 多学科融合越来越广泛

装备维修技术是综合性的工程技术。伴随科学技术和装备的发展,装备维修技术发展更多依赖于多学科技术的交叉融合,呈现出综合性越来越强的趋势。一方面,相关科学相互交叉渗透,必然会给装备维修技术发展带来相应的影响。特别是在装备维修技术发

展中,先进的设计技术、制造技术等越来越广泛地应用到维修技术中,使维修技术站在更高的起点。另一方面,装备维修本身更侧重于各种技术的复合应用。例如,表面工程技术除了同材料科学与技术、制造技术有传统的紧密关系外,还可以和纳米技术、激光技术、机器人技术、计算机技术等多种技术复合应用,进行零部件的修复、维护和再制造,大幅度拓宽了材料的应用领域,而限于表面的修复。其中,如纳米添加剂的作用,可使装备保养与自修复融为一体,成为保养、修复交融的维修技术。又如,在故障诊断、监控技术的基础上,引入交互式电子技术手册(IETM)、专家系统等技术,将实现故障检测、诊断、监控、预测与决策支持、训练辅助等功能集成,形成综合集成的维修技术。同时,维修技术与装备设计、制造、实验等技术的融合,还体现在新兴维修技术又反过来被引入设计、制造和实验过程,并促使装备研制技术的发展。

5. 维修理论的指挥作用越来越显著

装备维修理论是对装备维修实践活动本质和规律的正确认识,又反过来指导和推动装备维修实践进一步发展。随着装备维修技术快速发展和装备维修理论的不断丰富,两者之间联系更加紧密,互动作用更加突出。装备维修理论对装备维修技术发展的推动作用越来越明显。

20 世纪 60 年代以来,装备维修受到人们越来越多的重视,装备维修理论不断推陈出新。新的维修概念、原理和理论不断涌现,推动装备维修技术更加蓬勃发展。尤其是关于“以可靠性为中心的维修”理论得到普遍认可和推崇,成为现代维修的新标志之一。装备维修理论的创新正在或必将带动和促进装备维修技术及管理的创新,开创装备维修事业蓬勃发展的新局面。“精确维修”“E-维修”等观念的提出,进一步推进了状态监测技术、故障诊断技术、故障分析与预测技术、全部资源可视化技术、远程维修支援技术、虚拟维修技术、维修信息管理技术等技术的发展。针对当前自然资源和生态环境破坏严重的情况,提出的“绿色维修”的概念,引导装备维修技术开展环境影响分析评估技术、节省资源无污染的保养和修复技术,以及相关的装备再利用、再制造、再循环等新技术的研究和开发。

6. 军事需求的牵引作用越来越突出

军事需求是装备发展的动力,也是牵引装备维修技术发展的动力。只有明确的军事需求目标和要求,才能始终保持装备维修技术发展的正确方向。在新军事变革推动下,针对国际形势发展需求,建设信息化军队,打赢信息化战争的战略目标和实施诸军兵种一体化联合作战的任务,要求我军建立一体化的装备保障体系。在新的军事斗争战略需求牵引下,构建适应一体化联合作战要求的装备体系和装备保障体系,这就意味着在装备维修保障上,要着力开展综合化、精确化、信息化维修技术的研究开发,特别要在战场抢修技术上取得突破,达到科学维修、精确保障,为实现由机械化向信息化作战保障的转变提供强有力的技术支撑。这使得装备维修技术体系既能满足遂行军事任务的需要,又能以科技发展为基础,合理优化,实现军事需求与装备维修技术发展的最佳结合。

第2章 装备性能劣化与维修安全

2.1 装备性能劣化

装备出厂时所赋予的性能,在服役一定时期后会下降,这种现象称为性能劣化。如何减小装备的劣化过程速率,预防早期故障,保持装备长时间可靠的工作,是装备全寿命保障中具有普遍意义的重要课题。

2.1.1 装备工作性能

装备的工作性能是根据其输出参数来描述和评定的。而输出参数则是根据装备的用途和对它提出的不同要求而制定的各种特性指标。以装备车辆为例,这些特性指标包括:

(1) 车辆的技术参数:包括外形参数、整车质量、质心位置、整车使用参数(包括最大速度、制动距离、最小转弯半径、最小离地间隙、扫过宽度、最大爬坡坡度、最大驻坡度、越沟宽度、涉水深度、轮胎尺寸、额定压力、最小压力)。

(2) 系统参数:包括发动机型号、液力变矩器型号、变速器、最大功率、最大扭矩、悬挂模式、制动模式、轮胎模式、油箱容积、燃油耗油量;针对柴油机组,包括柴油机模式、最大功率、最大扭矩、工作转速、油泵输出转速、直流发电机输出转速。

(3) 电源系统:包括功率、发电机转速、电流类别、电压、辅助电源(功率、转速、电流类别、电压)、上装蓄电池(数量、电压)、底盘蓄电池(数量、电压)、变配电系统(直流输入、交流输入、直流输出)。

(4) 液压系统:包括最大工作压力、最大流量、工作介质、油箱容积、油泵数量。

(5) 车控系统:包括控制方式、双线制模式。

(6) 供气系统:包括工作介质、气瓶、气瓶额定工作压力、补气压力、露点温度。

(7) 调温系统:包括恒温温度、制冷系统、制冷工作介质、制冷量、压缩机、冷凝器、燃油加热器、PTC 加热器。

(8) 专用结构形状:包括外形尺寸、高低调整范围、单支撑盘径向调整范围、方向调整范围。

(9) 使用环境条件:包括自然温度、相对湿度、地面平均风速、瞬时风速、最大海拔高度、道路极限条件。

各种装备的输出参数在其技术文件中均做了具体规定,并附有必要的说明,同时要说明其工作条件、维护保养和修理方法。当装备完成规定的功能,它的参数处于技术文件规定的范围内时,表明装备是正常的、无故障的状态。

2.1.2 装备的极限技术状态

装备极限技术状态是指装备在使用过程中自身或其子系统、零部件的技术状态的参

数达到了规定的极限。此时装备技术状态参数总体达到了极限值,必须进行维修(通常大修)。不同的装备有不同的功能,使用环境千差万别,极限技术状态的要求也不同;对于同种装备,整机(或总成)的极限技术状态和配合副、零件的也不同。根据不同的对象,装备极限技术状态的判别应按照装备不能继续工作的技术原则,安全原则,保护原则和经济原则,并结合具体情况规定装备极限技术状态到来的时刻。

2.1.3 装备极限技术状态的确定原则

1. 装备极限技术状态的确定

1) 以装备无故障工作的概率为标志

装备无故障工作的概率即装备的可靠度,它的允许值能充分表示故障及其后果的全部特点,它是衡量装备技术状况的依据。

由于装备的种类繁多,用途各异,对可靠性的要求各不相同。无故障工作概率降低到什么数值,才能表明已进入极限技术状态,各种装备是不一样的。根据现在的技术水平和要求,认为装备的无故障工作概率下降到 0.5 时,即达到极限技术状态。以车辆装备为例,其运行里程“ L ”为该装备进入极限技术状态的运行里程,如图 2.1 所示。损坏率曲线即不可靠度曲线。可根据装备的瞬时故障率曲线,找出故障率超过偶然期故障期并开始明显增加的时刻。此时,可以作为判断装备进入极限技术状态的依据。

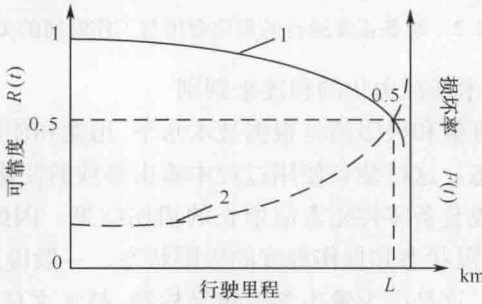


图 2.1 装备极限技术状态曲线
1—可靠度曲线; 2—损坏率曲线。

2) 用装备技术经济分析的方法确定

采用技术经济指标评价装备的极限技术状态是重要的判别方式。通常,希望装备在使用过程中能以最少的投入,获取尽可能大的效益。

比如,装备车辆常采用技术完好系数 k ,结合工作日盈利和停运修理日的亏损来判别装备车辆的极限技术状态。技术完好系数 k 相当于使用有效度,可用式(2.1)求出。

$$k = \frac{S}{S + S_1} \quad (2.1)$$

式中 S ——装备车辆处于良好状态下可以工作的时间;

S_1 ——装备车辆停止运行,进行维修的时间。

以普通车辆为例,假设车辆每工作日利润为 α ,而每停修日的纯亏损为 β ,则当 $\alpha S - \beta S_1 > 0$ 时,装备车辆继续使用经济上是合理的。在 $\alpha S - \beta S_1 = 0$ 时,经济上得失相等,是装备车辆使用的极限。由此可得出 S_{lim} 值。