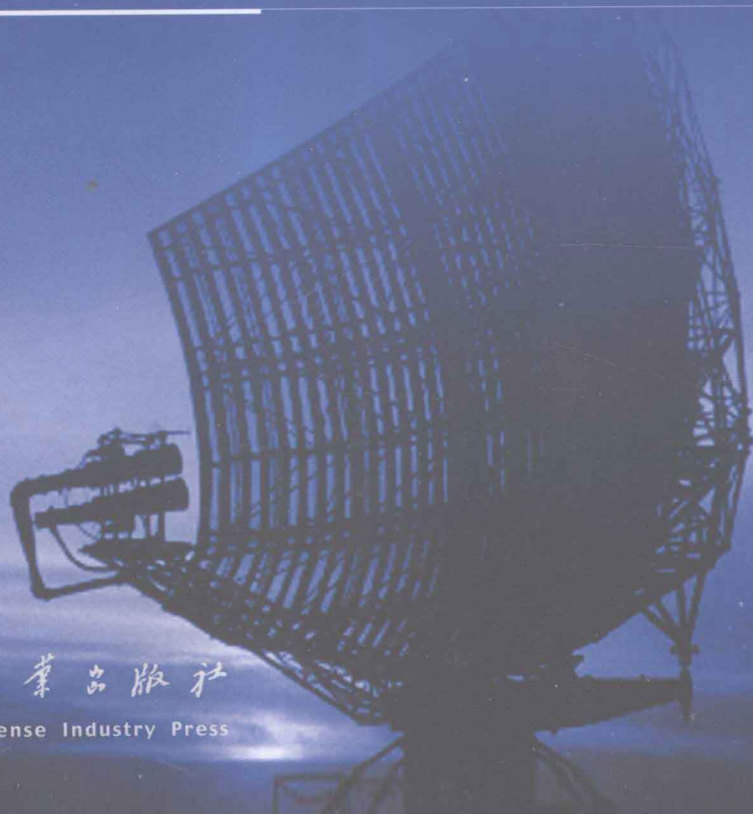




备件供应学

BEIJIAN GONGYING XUE

任敏 陈全庆 沈震 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

备件供应学

任 敏 陈全庆 沈 震 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书聚焦备件供应问题,系统介绍了备件供应基本概念、基础理论、需求预计、供应规划、库存管理、信息管理、建模仿真、效能试验与评价、退役处理等相关内容,力求全面系统地构建备件供应学知识体系框架。为便于理解和应用,在重要知识点上都尽量给出了示例加以说明。

本书主要面向装备供应保障管理人员、型号装备论证研制综合保障工作相关人员,可供大学工科高年级学生及备件管理相关专业研究生学习参考,同时也可为企业备件管理人员提供借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

备件供应学 / 任敏,陈全庆,沈震编著. —北京:
国防工业出版社,2013. 1

ISBN 978 - 7 - 118 - 08531 - 0

I. ①备... II. ①任... ②陈... ③沈... III. ①军事
装备 - 备件 - 设备供应 - IV. ①E23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 286051 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 28 字数 690 千字

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 72.00 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

编 审 委 员 会

主 审 陈志杰

副 主 审 张光义 康 锐

审 委(按姓氏笔画排序)

王华彬 王江山 石 磊 杨启善 杨秉喜

吴铁平 宋太亮 陈晓彤 房祥忠 戴 荣

主 编 任 敏

副 主 编 陈全庆 沈 震 王文峰

编 委(按姓氏笔画排序)

万晓磊 尹聚文 申春林 冉仕勇 孙兆康

苏兴荣 肖小锋 时国红 张义芳 龚 宇

章金林 雷晓勇 魏莉莉

序 言

备件是实施装备维修保障的物质基础,是形成装备保障能力、保持装备作战能力的重要条件。在当前装备日益复杂、备件价格急剧攀升的背景下,备件供应工作直接影响着装备的使用可用度、任务成功性以及寿命周期费用,其重要性毋庸置疑。

但是,备件供应工作内容十分丰富,既需掌握大量备件保障专业技术,又要扎实的数学基础知识作为支撑。因此,相对装备保障其他业务,备件供应工作的复杂性和难度也是显而易见的。20世纪90年代前后,一些发达国家陆续兴起了备件管理专业,推动了备件供应工作的蓬勃发展。鉴于备件供应工作的重要性,国内近年来也针对该领域做了大量研究,但多是针对备件供应工作具体问题的探讨,少有著述去引领初学者和从业人员对备件供应工作内容和相关技术建立更加系统、全面的认识。

本书的编著人员长期从事雷达装备保障理论研究和工程实践,对备件工作的复杂性有较深的认识,并基于装备保障工作的现实需要,积累了大量理论研究成果和工程经验。本书结合装备的全系统、全寿命保障,全面、系统地介绍了装备寿命期各阶段中备件供应规划工作的内容和相关技术基础。这既是编著者对多年工程经验的总结,也是他们对本领域相关理论知识、工程技术的梳理,更蕴含了他们对备件供应领域发展以及所需知识结构的系统性思考。相信此书能够为备件供应保障管理相关专业学生提供参考,帮助他们了解备件供应工作相关内容和技术、建立系统的认识、加深对问题的理解;为军内外备件供应管理相关从业人员提供有益的借鉴,帮助他们了解备件供应理论和技术的发展状况,提升理论认识。

当前,正值装备飞跃发展、装备保障理念发生重大变革、备件供应保障技术日新月异的年代,希望本书能够更有力地推动和促进我军装备备件保障、“两成两力”(成系统成建制形成作战能力和保障能力)建设工作迈上更高的台阶。

中国工程院院士

陈志杰

2012年10月18日

前 言

备件是部队成系统、成建制形成作战能力和保障能力建设的物质基础。在装备保障的提高保障能力、降低寿命周期费用这两大主题中,备件供应都发挥着举足轻重的作用,其重要性已成为不争的事实。同时,做好备件供应工作的难度也是众所周知的:学术界公认备件问题对每个备件工作者来说都是“跨世纪挑战”,在世界范围内都是一个热门研究课题。

作为装备综合保障重点专业学科之一的备件供应学,主要内容是探讨如何将备件供应工作纳入装备系统工程全过程,研究如何开展备件供应工作,达到战备完好性或任务成功性要求并把备件保障费用降至最低;或考虑寿命周期费用约束条件,在可承受的备件保障费用范围内使装备战备完好性或任务成功性最高。用供应链的理念讲,就是满足用户的7个“R”,即正确的产品、正确的交付地点、正确的状态和包装、正确的质量、正确的费用、正确的时间和正确的用户。

本书共12章,第1章为概述,其余各章分为3个模块即理论和技术基础模块、供应管理模块和仿真与建模模块。

理论和技术基础模块包括第2章~第4章共3章内容,由任敏主编,参与编写的有章金林、申春林、王文峰等。第2章介绍与备件供应专业有关的运筹学基本知识,重点放在随机过程、排队论、库存论和现代优化算法。考虑到一些工科学生和在职干部的需要,概要介绍了部分常用统计分布。第3章介绍可靠性维修性保障性(RMS)基本概念和参数体系,讨论系统可靠性模型、三类使用可用度模型、寿命周期费用分析等内容。第4章介绍维修定义,探讨以可靠性为中心的维修(RCM)、以可靠性为中心的备件库存(RCS)、维修分类和预防性维修保障备件需求量计算模型。

供应管理模块含第5章、第6章、第7章、第10章、第11章和第12章共6章内容,由陈全庆、沈震主编,参与编写的有任敏、孙兆康、时国红、王文峰、万晓磊、张义芳、尹聚文、苏兴荣、冉仕勇。第5章主要介绍备件供应规划一般要求、备件供应工作计划制定、确定初始备件品种和数量的过程与方法、备件供应技术文件及其编制、备件供应规划案例等内容。第6章综合阐述库存质量管理指标、备件竞争性采购管理、库存积压费用与短缺费用平衡模型、备件满足率与备件费用比最大库存模型、可修复备件库存量平衡模型、维修器材贮存可靠性等内容。第7章主要阐释供应链管理基础术语及其历史沿革,军事供应链管理——备件供应政策创新举措,供应链管理的主要技术,我军实施供应链管理的必要性、可行性和具体措施等。第10章~第12章在内容上属于管理模块,但在结构编排上放到了最后3章,主要是基于作者的以下考虑:把备件信息系统单列在第10章介绍,目的是以更加关注的视角进行阐述,体现信息技术在备件供应中的重要性,实际上信息技术已经渗透到备件供应的各个领域。第11章讨论备件供应效能试验与评价,作为一项合同要求或研究命题,相关内容早就被提出来了,但由于我们至今尚未开发出类似V-METRIC、Tiger和OPUS10、Simlox的通用软件工具,并经过国家或军种级正式验证,所以这方面的试验与评价工作还处在起步和探索阶段。该章内容主要是在总结少数

型号实践经验和参考国内外文献基础上写成的,距离核实、验证与确认(VV&A)的要求还有较大差距。第12章介绍备件退役处理、回收与非军事化问题,随着“绿色物流”、“环保物流”等理念日益深入人心,相关内容已日益受到人们的重视。

仿真与建模模块含第8章和第9章共两章内容,由沈震主编,参与编写的有肖小锋、雷晓勇、龚宇、魏莉莉等。第8章讨论装备多维修级别、多约定层次最优库存建模技术,主要介绍了METRIC系列模型及其应用(其中V-METRIC应用案例由海军工程大学阮昊智博士编写)、基于战备完好性的备件配置模型及其应用(由海军装备研究院高级工程师李萍博士编写)、OPUS10备件优化软件工具及其应用(由运通恒达科技有限公司项目经理张磊、陈胤编写)等内容。第9章讨论备件供应仿真,主要介绍蒙特卡罗仿真在备件需求量分析中的应用、备件需求仿真预测预报(由北京航空航天大学可靠性与系统工程学院王鑫硕士编写),以及用仿真法评估或优选备件配置方案等内容。

本书主要面向装备供应保障管理人员、型号装备论证研制综合保障工作相关人员,也可作为大学工科高年级学生及备件管理相关专业研究生的学习资料。

本书的编写是在空军装备部军械通用装备部的大力支持下完成的。空军装备研究院雷达所高级工程师杨秉喜多次审阅本书并提出了宝贵意见。海军装备部修理部高级工程师鲍成昌,海军装备技术研究所姜晨博士、孟祥辉博士,空军93534部队高级工程师高东峰、工程师丁原,空军预警学院刘庆华副教授、宋宁哲副教授,北京天健志行公司解洪成教授,北京应用物理与计算数学研究所肖刚研究员等同志为本书编著工作提供了宝贵的技术资料及有益的建议。在此,特向他们表示衷心的感谢。此外,本书编写时还参考了部分报告和内部资料,未一一列出,特此说明并向作者致谢。

因本书由多人编写,各人思路、风格不尽相同,虽经数次统稿,可能仍有不统一的地方。书中难免存在不妥之处,欢迎读者批评指正。

作 者

2012年9月

目 录

第1章 概论	1
1.1 引言	1
1.1.1 备件供应学——一门新兴的专业学科	1
1.1.2 备件供应工作——从“继发”向“研发”转变	2
1.2 备件分析技术概述	5
1.2.1 基本概念与定义	5
1.2.2 需求及其影响因素分析	7
1.2.3 预计需求量的数学模型	8
1.3 多级别、多层次库存优化模型	14
1.3.1 多层次备件库存模型	14
1.3.2 多级别备件库存模型	15
1.3.3 多级别、多层次备件在保障系统内的相互影响机制	16
1.4 供应保障系统指标和参数体系	17
1.4.1 引言	17
1.4.2 常用保障系统参数评述	17
1.4.3 保障敏感使用可用度	20
1.4.4 装备完好率	21
1.4.5 系统法和供应可用度	21
1.5 备件供应自动化数据环境	24
1.5.1 RMS 数据库环境发展概况	24
1.5.2 备件数据主要来源	26
1.5.3 备件供应保障(可靠性)数据产品	28
1.6 备件供应自动化在国内外的应用效果和应用前景	29
1.7 本书的适用对象和总体结构	31
1.7.1 适用对象	31
1.7.2 总体结构	31
参考文献	32
第2章 备件供应运筹学基础	34
2.1 备件与可靠性工程中常用的概率分布	34
2.1.1 分布函数与概率密度函数	34
2.1.2 备件与可靠性工程中常用的概率分布	35
2.2 随机过程与排队论	46
2.2.1 计数过程	47

2.2.2	泊松过程	47
2.2.3	马尔可夫过程	50
2.2.4	更新过程	53
2.2.5	排队论基本知识	57
2.3	库存论	62
2.3.1	基本概念	62
2.3.2	库存策略	63
2.4	优化问题与优化模型	66
2.4.1	凸函数	66
2.4.2	常用备件供应优化方法	68
2.4.3	现代优化方法介绍	70
	参考文献	71
第3章	可靠性、维修性、保障性基本概念和模型基础	72
3.1	可靠性、维修性、保障性基本概念和参数体系	72
3.1.1	质量和可靠性维修性保障性术语标准	72
3.1.2	常用术语	73
3.1.3	可靠性、维修性、保障性参数体系	77
3.2	系统可靠性模型	82
3.2.1	可靠性模型分类	82
3.2.2	常用可靠性框图及相应数学模型	82
3.3	三类可用度模型	91
3.3.1	可靠性维修性保障性关系与基本可用度模型	91
3.3.2	维修参数敏感可用度计算模型	93
3.3.3	保障(供应)敏感可用度计算模型	94
3.3.4	关于三类可用度模型的等效性说明示例	95
3.3.5	关于 A_{oc} 的推导	96
3.3.6	MLDT 计算示例	97
3.3.7	使用可用度模型可分性	98
3.4	寿命周期费用分析	100
3.4.1	寿命周期费用分析目的	100
3.4.2	寿命周期费用分析方法	101
3.4.3	LCC 中的备件费用	102
	参考文献	103
第4章	RCM 和预防性维修备件计算	104
4.1	维修定义	104
4.2	以可靠性为中心的维修	105
4.2.1	RCM 发展历程	105
4.2.2	RCM 过程贯穿整个寿命周期	107
4.3	以可靠性为中心的备件库存	110
4.3.1	NES45 RCS 库存决断算法程序	110

4.3.2	RCS RN 工具箱简介	112
4.4	维修分类与预防性维修保障备件需求量计算模型	114
4.4.1	维修工作分类	115
4.4.2	预防性维修策略与备件需求量计算模型	116
4.4.3	基于状态监控的 P-F 间隔期的备件需求量预测模型	121
	参考文献	127
第 5 章	备件供应规划	129
5.1	备件供应规划一般要求	129
5.1.1	目的、任务和基本原则	129
5.1.2	供应要求和约束条件	130
5.1.3	备件保障概率概念的提出和发展	132
5.1.4	系统备件保障概率与平均保障延误时间的关系式	134
5.1.5	系统备件保障概率与使用可用度的关系式	134
5.1.6	按使用可用度要求选择和确定系统备件保障概率	135
5.1.7	备件短缺风险和器材供应良好率	136
5.1.8	关于备件供应的经济性考虑	137
5.1.9	备件供应规划工作与其他工程专业的协调	138
5.2	制定备件供应工作计划	138
5.2.1	概述	138
5.2.2	备件供应工作计划主要内容	139
5.2.3	订购方与承制方主要职责	139
5.2.4	装备寿命周期各阶段有关备件供应工作的安排	141
5.3	确定初始备件品种和数量的过程与方法	141
5.3.1	确定备件品种和数量的工作过程	142
5.3.2	确定备件品种和数量的技术与方法	148
5.3.3	用单元备件保障概率 P_i 综合系统备件保障概率 P_s 的方法	148
5.3.4	备件需求量计算模型汇总、应用示例和计算软件	150
5.3.5	固有失效率转换为维修更换率的方法和技术	163
5.3.6	备件需求量预测风险分析	166
5.4	备件供应技术文件及其编制	166
5.4.1	概述	166
5.4.2	主要供应技术文件格式与内容	167
5.4.3	备件的包装、装卸、贮存和运输及标识	169
5.4.4	备件验收方式	170
5.4.5	后续备件供应建议	171
5.4.6	停产后供应保障方法建议	172
5.4.7	战时备件供应分析	172
5.5	备件供应规划案例	173
	参考文献	173

第6章 库存控制与库存管理	175
6.1 库存管理计划	175
6.2 库存品种和数量	176
6.2.1 备件分类	176
6.2.2 确定备件品种和数量方法概览	179
6.2.3 备件需求量预测	179
6.2.4 备件消耗标准	184
6.2.5 经济订货量(EOQ)模型	185
6.2.6 按消耗标准的倍数供应备件的定量分析	187
6.2.7 以持续性为中心的战时库存	189
6.3 库存质量管理指标	190
6.3.1 度量指标	190
6.3.2 性能评估分类	191
6.3.3 性能统计度量指标	192
6.3.4 短缺项目	193
6.3.5 常用库存评价指标介绍	193
6.4 备件竞争性采购管理	195
6.4.1 备件竞争采购编码	195
6.4.2 筛选	196
6.5 库存积压费用与短缺费用平衡模型	196
6.6 备件满足率与备件费用比最大库存模型	198
6.7 可修复备件库存量平衡模型	204
6.8 维修器材贮存可靠性	204
6.9 可修复件在备件供应线中的信息整合	204
参考文献	204
第7章 军事供应链管理	206
7.1 供应链管理基础术语及其历史沿革	206
7.1.1 SCM 术语定义	206
7.1.2 SCM 历史沿革	207
7.2 纳入军事供应链管理——备件供应政策创新举措	208
7.2.1 政策上积极倡导和推行军事供应链	208
7.2.2 外军供应链改革措施和成效	209
7.3 供应链管理的主要技术	210
7.3.1 条码技术	211
7.3.2 射频识别技术	214
7.3.3 全球定位系统技术	215
7.3.4 地理信息系统	217
7.3.5 物联网技术	217
7.3.6 准时制、零库存和看板	218
7.4 我军实施供应链管理的必要性、可行性和具体措施	219
参考文献	228

第 8 章 装备多维修级别、多约定层次最优库存建模技术	230
8.1 概述	230
8.1.1 系统法建模基本原理	230
8.1.2 系统法中主要模型定义	230
8.1.3 优化算法	231
8.2 METRIC 模型族谱	233
8.2.1 METRIC 模型介绍	233
8.2.2 Mod-METRIC 模型	236
8.2.3 飞机可用度模型介绍	238
8.2.4 Vari-METRIC 模型	239
8.2.5 Dyna-METRIC 模型	248
8.2.6 飞机持续性模型介绍	252
8.2.7 多资源约束备件模型	253
8.3 基于战备完好性的备件配置模型及其应用	254
8.3.1 背景	254
8.3.2 RBS 的构成	254
8.3.3 RBS 的过程与目标	256
8.3.4 RBS 的工程化过程	257
8.3.5 多级基于战备完好性的备件配置过程概览	258
8.3.6 RBS 应用示例	258
8.3.7 RBS 的政策保证	259
8.3.8 应用 RBS 的军事意义	259
8.4 备件优化软件 OPUS10 工具介绍	259
8.4.1 商用备件优化软件 OPUS10 及其应用介绍	259
8.4.2 OPUS10 备件优化说明	265
8.4.3 OPUS10 软件优化初始备件方案	270
8.5 备件供应建模技术发展趋势展望	274
参考文献	275
第 9 章 备件供应仿真	278
9.1 蒙特卡罗仿真在备件需求量分析中的应用	278
9.1.1 仿真实论基础	278
9.1.2 仿真技术在备件需求量分析中的应用	279
9.1.3 各类分布下备件需求量的仿真计算	280
9.1.4 蒙特卡罗仿真结果可行性验证	281
9.2 备件需求仿真预测	285
9.3 用仿真法评估或优选备件配置方案示例	286
9.3.1 备件优化与仿真分析过程	286
9.3.2 利用 SIMLOX 对备件配置方案进行仿真验证	287
参考文献	289

第 10 章 备件管理信息系统	290
10.1 信息系统功能	290
10.1.1 备件管理信息系统的基础数据	290
10.1.2 备件采购管理	291
10.1.3 备件申请管理	291
10.1.4 备件调拨管理	292
10.1.5 备件调剂管理	292
10.1.6 备件送修管理	292
10.1.7 仓库管理	292
10.1.8 备件消耗登记	293
10.1.9 信息统计	293
10.2 与其他信息系统的关系	294
10.3 规范化备件管理	294
10.3.1 物资编码规范	294
10.3.2 备件储备标准	294
10.3.3 包装标准	295
10.3.4 自动识别技术规范	295
第 11 章 备件供应效能试验与评价	296
11.1 核实与确认	296
11.1.1 相关概念	296
11.1.2 概念模型的核实	297
11.2 仿真评价	297
11.3 应用现场数据评价	297
11.3.1 概述	297
11.3.2 保障资源对使用可用度影响的统计分析	298
11.3.3 两个恒定失效率和两个恒定故障密度比较检验方法	314
11.3.4 数据统计处理和解释的系列国标及分布模型的选择	317
11.3.5 贝叶斯评估方法	321
11.3.6 备件供应积压与短缺验证方法	322
参考文献	324
第 12 章 备件退役处理、回收与非军事化	325
12.1 回收	325
12.2 再生	326
12.3 处理	326
12.4 相关法规和标准发展情况	328
12.5 相关术语及相关参考文献	329
参考文献	330
附录 A 备件供应常用符号和缩略词	331
附录 B 备件供应常用术语及定义	336

附录 C	可靠性维修性保障性国家(军用)标准目录摘编	340
附录 D	多级别多层次备件在保障系统内的相互影响机制	343
附录 E	现代优化方法介绍	346
附录 F	备件供应规划案例	354
附录 G	维修器材贮存可靠性	365
附录 H	可修复件在备件供应线中的信息整合	379
附录 I	常用数理统计表	387

第1章 概 论

1.1 引言

备件是部队“两成两力”(成建制、成系统形成作战能力和保障能力)建设的物质基础,对装备平时、战时保障都有深远影响。我国备件供应现状表明,在影响装备可用度的三种主要停机时间要素中,等待备件停机时间超过修复性维修停机时间和预防性维修停机时间,已成为制约可用度提高的瓶颈。从战时保障角度看,在一次作战任务后,保障人员最关心两个概率是计划外维修概率和计划外供应概率。如果计划外供应概率超出预计的范围,则将会导致战备物资短缺,部队难以迅速投入下一次战斗,打仗就缺乏后劲,没有持续作战能力。努力减少计划外供应概率,一直是指挥员最关心的战备问题之一。同时,备件也是影响装备寿命周期费用的重要因素:在装备寿命周期费用的分解结构中,使用经费占50%~60%,这50%~60%中备件费占25%~30%。从绝对数值上看,美军2008年二级库存品总值达970亿美元,其中大多为维修备件^[30]。1997年世界商业航空备件费达520亿美元^[2],每年数以百亿计的庞大备件费用,那怕只节省百分之一,就数以亿计。如何减少备件费用开支,也成为降低寿命周期费用的主要课题。这表明,在提高装备保障能力和降低寿命周期费用这两大主题中,备件问题都占有重要地位。

由上可见,备件工作的重要性已成为不争的事实。但同时,备件工作又是一门学问,一门专业学科和艺术,它不仅涉及一系列工程技术问题,而且还与装备作战系统和保障系统的部署、使用密切相关,要真正做好备件工作又不是一件容易的事。文献[1]称,备件问题对每个备件工作者来说是“跨世纪挑战”;备件供应工作在世界范围内都是一个热门研究课题,尤其是近20年来每年都有大量文献报道备件工作研究进展。也正因如此,国外(如美国等)开发了很多实用的后勤模型和软件工具,推出了一系列面对型号全寿命周期管理的战略举措,如基于战备完好性的备件配置(RBS)等。可以说,工程师、分析师、军事专家、学者齐动员,从战略的高度、哲学的深度、数学的精度对备件工作做了全面研究,并把备件工作所需知识和软件工具直接交到一线工程人员和一线部队手中。我们应当怎么办呢?具体到我们编写本书时,应该遵循什么原则,写些什么东西以有助于推动备件供应学在我国的应用和发展呢?希望本书能反映出3个词:“积累、创新、普及”。“积累”即继承国内外备件供应工作积累的经验,主要指对国内外备件工作文献、成果做一盘点,看看国内外同行都在做些什么。“创新”,即探讨所面临的和未解决的问题是什么?需要重点研究哪些技术问题?备件工作的新突破不仅在学术殿堂,更重要的是在备件供应工作实践中。现实需要提供经得起实际考验的备件供应新技术。“普及”,只有机关、部队、工业界、学术界都认识到备件工作不仅能省钱、能赢利而且也是战斗力,也能对谋打赢做出贡献,才算真正达到了我们推广与普及的目的。

1.1.1 备件供应学——一门新兴的专业学科

纵观历史,装备备件工作与装备维修工作一样古老,但是备件工作发展一直比较缓慢。以

美国为例,直至 20 世纪 70 年代,装备备件工作仍然被装备型号研制管理人员视为“不是自己的事”。不仅要求上缺少严密的指标体系,实践上也一直未列入设计和试验评价计划,多数情况是由承制方用“承诺”的方式保证。一些装备专家也认为“备件工作只是装备研制完成后继续发生的不能再影响设计的随机备件配套工作(简称‘继发’工作)”。但是,这种情况在 80 年代开始出现转折,契机是美军不断追加备件费用引起美国国会质疑,后者于 1979 年要求国防部说明增加备件费用对装备战备完好性的定量影响。美国海军率先响应,提出了“以可用度为中心的库存模型”(ACIM)。该模型后又称(RBS),经过十几年的努力,在几个典型装备中得以应用并产生了良好的军事效益和经济效益。与此同时,RBS 也开始进入校园,成为美国海军工程学院的硕士生教材。“备件供应规划”作为一门专业学科开始得到与可靠性、维修性工程同样的重视,并被一些美国军标如 MIL-STD-1388-2A 列为综合保障(ILS)领域 17 个专业学科之一。目前,在一些发达国家,“职业后勤人员都知道,在后勤工作中没有哪一项工作对产品保障和寿命周期费用的影响超过备件管理。”装备备件工作已从“继发”的反应式地位提升到“研发”的“前摄”地位,成为装备系统工程的有机组成部分。GJB 4355—2002《备件供应规划要求》的发布和实施,不仅标志着备件供应规划工作在我国已步入规范化轨道,同时也反映出方兴未艾的备件供应规划专业学科正在我国茁壮成长。

“备件供应学”作为一门学科的显著标志之一是,20 世纪 80 年代相继开发了一系列形式各异而实质一致的供应(保障)敏感使用可用度模型。正是供应敏感使用可用度模型为保障系统顶层指标的建立打下了理论基础。与之配套的备件参数体系、备件需求量预计、预测模型和备件库存优化模型、停产后保障(零件过时淘汰或备件现代化)计划、供应程序和供应技术文件等一系列定性、定量要求、方法和技术使备件供应指标像可靠性指标那样,成为装备立项论证和研制总要求论证的组成部分,并且“在设计中可预计、可分配,在试验中可测量,在生产中可保证,在整个寿命周期中可持续供应”。

1.1.2 备件供应工作——从“继发”向“研发”转变

1. 新备件供应观

早期的备件供应观把备件供应工作看成装备设计完成后的“继发”工作。自从美国军标 MIL-STD-1388-1A 和 MIL-STD-1388-2B 发布后,国外的后勤工程师才迫切感到需要转变观念,认识到备件供应工作应从装备全寿命周期角度考虑可能发生的备件问题,保证备件工作在工程研制早期就纳入综合保障计划和综合保障工作计划。如此,才能通过前期保障性分析提出预测和防止寿命周期内可能出现备件问题的措施,进而影响设计,实现按战备完好性要求规划备件供应,把保障费用降至最低,或考虑寿命周期费用约束条件,以可承受的费用使用可用度最高。

1) 从前端入手,影响设计

新的备件供应观,把备件工作从反应式的“继发”工作提升到“前摄”式研发工作。备件供应规划纳入设计的起步工作是,从研究、设计、制造角度指出备件必须可检验、可测试、可包装、可运输、可使用。

(1) 可检验。每个可供应备件都应当作为独立项目对其进行质量合格检验。

(2) 可测试。可供应备件必须是能独立测试的项目。鼓励无需借助其他功能性成品就能确定其维护性。在设计阶段鼓励开发自身带有测试程序的可供应备件。

(3) 可包装。由于包装是供应过程的必要组成部分,因此在设计阶段也应予以考虑。设

计时充分考虑故障率、使用率和备件性能规范对包装过程的影响。主承包方应及时将特殊环境包装要求通知分包方。

(4) 可运输。设计时必须注意满足备件的运输要求。对危险品和需要特殊装卸要求的备件应在供应会议上及时通报,确保用户在接收地点顺利装卸。

(5) 可使用。备件供应中最重要的问题是零部件的可用性。设计工程师的重要工作之一是开展可靠性设计,提供准确的备件参数数据。

保障工程师要与设计工程师紧密配合不断完善备件清单,特别是对下列事项(不限于此)保障工程师要及早与设计沟通:

- ① 专用器材目录;
- ② 特殊维修项目要求;
- ③ 贵重金属目录(通常指金、银、铂,以及从废料中回收的钯、铑、钌、铱和钨等);
- ④ 贮存(货架)寿命要求;
- ⑤ 特殊包装方法;
- ⑥ 关键件清单(任务必要性码);
- ⑦ 参考标志码;
- ⑧ 互换性。

零件(含元器件)淘汰工作是备件可用性的一个关键问题。设计师一方面通过对设计更改或备选技术评估,尽量减少使用淘汰或即将淘汰的零件和材料及其货源或供应商;另一方面选择具有替代来源或供应商的零件和材料,以替代可能淘汰的零件并减少其货源。

2) 从单项备件供应法向系统备件供应法转变

传统的单项(件)供应法在计算一种部件所需备件时,未考虑系统中其他部件,这种方法可能会带来所有备件总投资费用超过预算,因而是很不经济的。而系统法可以提供一些有效的可用度—费用曲线,曲线下的点费效比不好、不经济,曲线上方的点得不到。曲线上每一点都对应一个可用度高、费用低的解决方案。

3) 从实体库存向虚拟库存转变

从实体备件供应库向虚拟备件供应库(VPSB)转变是库存理念的一次飞跃。传统库存观认为,库存是资源的储备或暂时闲置。持库存是“储备”观的人认为,库存是维持装备运转正常、供应连续、应付“万一”所必须的;而持“闲置”观的则认为,库存是一种浪费,主张消除库存。

新的备件供应观认为,片面强调“储备”和“闲置”都没有抓住库存管理的实质问题。目前,广泛存在的备件积压与短缺并存问题,是备件供应链各环节没有实现无缝链接的结果。这种新理念推动美军提出了VPSB工程的新构想。该工程将现有的备件生产厂商和国防部伙伴集成为一个新的虚拟企业,充分利用全资产可见化技术、物联网技术,把传统上大型实体备件供应库转化为备件供应链中备件单元流程各节点的无缝链接,连续跟踪备件在各节点上的驻留(积压)和短缺(延误)情况,及时快速反应,从而达到备件流畅通无阻,为部队各种武器系统提供高效、快捷的备件供应。

2. 按保障要素分配使用可用度

使用修复性维修可用度可表示如下(其推导过程可参见第3章3.3.5节):

$$A_{oc} = \frac{T_{BF}}{T_{BF} + M_{ct} + T_{LD}} \quad (1-1)$$