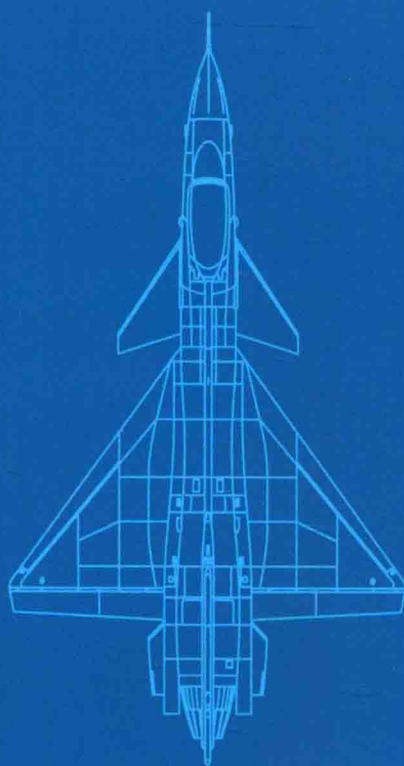

航空保障装备 系统工程

张亮 史超 车飞 王坚浩 © 著



AVIATION SUPPORT EQUIPMENT
SYSTEM ENGINEERING

本书是航空保障装备系统工程... 张亮 史超车 飞 王坚浩 著

航空保障装备系统工程

张亮 史超车 飞 王坚浩 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是在全面总结系统工程、装备保障领域的相关研究成果,以及近几年作者在航空保障装备方面研究与实践的基础上编写完成的。本书主要内容包括:航空保障装备系统工程的概念、过程模式,航空保障装备体系结构设计与型谱优化,航空保障装备数量配置,规划及使用阶段航空保障装备效能评估和综合评估等。本书提出的思想观点、技术方法对其他类型保障装备也有较好的借鉴和参考作用。

本书可供航空装备管理机关及论证、研制、生产、部署使用的管理与工程技术人员阅读和参考;也可供高等院校相关专业研究生、本科生阅读参考。

航空保障装备系统工程

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

航空保障装备系统工程/张亮等著. —北京:电子工业出版社, 2018.10

ISBN 978-7-121-35165-5

I. ①航… II. ①张… III. ①航空装备—保障体系—研究 IV. ①E154

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第228205号

策划编辑:刘小琳

责任编辑:刘小琳 特约编辑:刘炯

印刷:北京虎彩文化传播有限公司

装订:北京虎彩文化传播有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:223.5千字

版次:2018年10月第1版

印次:2018年10月第1次印刷

定 价:49.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254538, liuxl@phei.com.cn。

■ 前 言

PREFACE

航空保障装备,又称为航空保障设备,是实施航空装备保障的重要资源,是保持和恢复航空装备完好性和技术性能的重要物质基础,对于提高航空装备的维修质量和保障的时效性、经济性,以及增强战斗力具有重要作用。随着航空装备的快速发展、实战化训练转型的不断推进,航空保障装备“不好用”“尾巴长”“养不起”的问题日益凸显。为有效解决航空保障装备的问题,需要从系统层次上运用系统工程的理论、技术和方法,统筹协调解决各种问题和矛盾,解决这些问题的最佳途径就是航空保障装备系统工程。

全书以“系统工程的理论、技术和方法”为基本视角,以航空保障装备体系化建设、型谱化发展、精确化配置、科学化评估为问题需求切入点,对航空保障装备系统工程的概念、过程模式与关键技术方法进行了深入研究。

全书共8章,第1章论述了航空保障装备系统工程的产生背景、概念及基本方法论;第2章从系统工程过程与管理的角度,论述了航空保障装备论证、研制、使用管理、作战运用等过程模式;第3章运用能力需求论证理论和DoDAF 2.0视图分析方法,研究了航空保障装备体系结构设计;第4章构建了航空保障装备型谱重要度评估指标体系,提出基于重要度评估和多种群遗传算法的航空保障装备型谱优化方法;第5章研究了航空保障装备数量配置的各种典型方法,提出了数量配置方法运用的逻辑决策模型;第6章研究了基于仿真的规划阶段航空保障装备方案效能评估流程框架和算法策略;第7章研究了基于数据包络分析(DEA)的使用阶段航空保障装备效能综合评估方法;第8章对全书进行了总结归纳,对下一步工作进行了展望。

全书由张亮、史超、车飞、王坚浩共同撰写,第1、2、3、6章由张亮撰写,第4章由王坚浩撰写,第5章由车飞撰写,第7章由史超撰写,第8章由张亮、史超、车飞、王坚浩撰写。全书由张亮负责统稿,史超、车飞、王坚浩负责校对。

本书在编写过程中参阅了大量参考文献,借鉴、引用了部分研究成果,在此对参考文献作者表示诚挚的谢意。本书可供航空装备管理机关和论证、研制、生产、部署使用的管理与工程技术人员阅读和参考;也可供高等院校相关专业研究生、本科生阅读参考。

由于作者知识和经验的局限性,本书的缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

著 者

2018年3月

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 航空保障装备	1
1.1.1 航空保障装备及相关概念	1
1.1.2 航空保障装备的分类	2
1.2 航空保障装备系统工程	3
1.2.1 航空保障装备系统工程的提出	3
1.2.2 航空保障装备系统的概念	5
1.2.3 航空保障装备系统工程的主要观点	6
1.2.4 航空保障装备系统工程方法论	7
1.3 国内外相关研究现状	11
1.3.1 美军航空保障装备相关现状	11
1.3.2 民航航空保障装备相关现状	13
1.3.3 相关关键技术研究现状	14
1.4 主要研究内容	16
第 2 章 航空保障装备系统工程过程模式	17
2.1 航空保障装备型谱化发展论证模式	17
2.1.1 航空保障装备型谱化发展基本内涵和策略	17
2.1.2 航空保障装备型谱化发展论证模式	19
2.1.3 航空保障装备型谱化发展论证管理	21
2.2 航空保障装备研制模式	21
2.2.1 典型航空保障装备研制模式	21
2.2.2 航空保障装备联合研制模式	23
2.2.3 航空保障装备竞争研制模式	23
2.3 航空保障装备使用管理模式	24
2.3.1 航空保障装备使用管理活动	24
2.3.2 航空保障装备精细化使用管理模式	25
2.4 航空保障装备作战运用模式	26

2.4.1	航空保障装备作战运用内涵	26
2.4.2	航空保障装备典型作战运用模式	27
第3章	航空保障装备体系结构设计	29
3.1	航空保障装备体系结构设计概述	29
3.2	基于视图分析方法的航空保障装备体系结构设计	30
3.2.1	DoDAF 视图分析方法	30
3.2.2	航空保障装备体系结构设计的视图模型	31
3.3	信息化航空维修保障装备体系结构设计示例	35
3.3.1	示例分析背景	35
3.3.2	信息化航空维修保障任务视图集	35
3.3.3	信息化航空维修保障能力视图集	39
3.3.4	信息化航空维修保障装备视图集	42
第4章	航空保障装备型谱优化	44
4.1	航空保障装备型谱优化概述	44
4.1.1	型谱优化的意义	44
4.1.2	型谱优化流程	45
4.2	航空保障装备型谱重要度评估	45
4.2.1	评估指标体系构建	46
4.2.2	评估信息收集	47
4.2.3	评估指标预处理	49
4.2.4	评估指标赋权	51
4.2.5	综合评估	55
4.3	航空保障装备型谱优化方法	56
4.3.1	型谱优化数学模型	56
4.3.2	基于多种群遗传算法的型谱优化	57
4.4	航空保障装备型谱优化案例	61
4.4.1	案例背景	61
4.4.2	型谱重要度评估	61
4.4.3	型谱优化分析	65
第5章	航空保障装备数量配置	67
5.1	航空保障装备数量配置影响因素分析	67
5.1.1	作战训练任务因素	67
5.1.2	航空装备因素	68
5.1.3	维修保障因素	69

5.1.4	航空保障装备特性因素	69
5.1.5	航空保障装备费用因素	70
5.1.6	航空保障装备管理因素	70
5.1.7	影响因素的因果关系图分析	71
5.2	航空保障装备数量配置的一般流程	71
5.2.1	初始阶段配置流程	72
5.2.2	后续阶段配置流程	74
5.3	航空保障装备数量配置的常用方法	75
5.3.1	类比法	75
5.3.2	估算法	76
5.3.3	排队论法	77
5.4	航空保障装备数量配置的仿真优化方法	79
5.4.1	仿真优化流程	79
5.4.2	仿真优化目标	79
5.4.3	仿真优化策略	81
5.4.4	案例分析	81
5.5	航空保障装备数量配置的综合优化方法	85
5.5.1	问题描述	85
5.5.2	基于粒子群算法的综合优化	87
5.5.3	案例分析	90
5.6	航空保障装备数量配置方法的选择	91
5.6.1	数量配置方法的适应性分析	91
5.6.2	数量配置方法的逻辑决策	93
第 6 章	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估	94
6.1	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估概述	94
6.1.1	规划阶段航空保障装备方案效能评估特点	94
6.1.2	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估流程	95
6.2	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估模型	96
6.2.1	任务模型	96
6.2.2	功能模型	98
6.2.3	活动模型	99
6.2.4	资源模型	100
6.2.5	组织模型	101
6.2.6	目标模型	102
6.3	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估算法策略	102

6.3.1	仿真评估流程控制算法策略	102
6.3.2	任务过程逻辑算法策略	104
6.3.3	保障过程逻辑算法策略	105
6.4	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估模型的确认与验证	106
6.4.1	仿真评估模型确认	106
6.4.2	仿真评估模型验证	106
6.5	规划阶段航空保障装备方案效能仿真评估案例	107
6.5.1	案例简介	107
6.5.2	仿真平台工具	109
6.5.3	仿真基本想定	110
6.5.4	仿真模型	113
6.5.5	仿真数据分析	118
第7章	使用阶段航空保障装备效能综合评估	121
7.1	使用阶段航空保障装备效能综合评估概述	121
7.1.1	使用阶段航空保障装备效能综合评估特点	121
7.1.2	使用阶段航空保障装备效能综合评估流程	122
7.2	使用阶段航空保障装备效能综合评估指标体系	123
7.2.1	评估指标体系的构建	123
7.2.2	评估指标的计算与集成	123
7.2.3	数据需求	127
7.3	基于DEA的使用阶段航空保障装备效能综合评估	127
7.3.1	使用阶段航空保障装备有效性分析	127
7.3.2	使用阶段航空保障装备效能的投影改进分析	130
7.3.3	使用阶段航空保障装备效能排序	131
7.4	使用阶段航空保障装备效能综合评估案例	131
7.4.1	案例概述	131
7.4.2	评估指标的计算	133
7.4.3	航空保障装备有效性分析	134
7.4.4	航空保障装备效能的投影改进分析	135
7.4.5	航空保障装备效能排序	136
第8章	总结与展望	138
8.1	内容总结	138
8.2	研究展望	139
	参考文献	141

绪论

为克服传统“重主战装备、轻保障装备”的片面认识，有效解决航空保障装备面临的“不好用”“尾巴长”“养不起”等问题，有必要从系统工程科学的角度，推行航空保障装备系统工程，为航空装备与航空保障装备成系统、成建制同步形成作战保障能力提供有效的工程方法。本章主要介绍航空保障装备的概念、分类，航空保障装备系统工程的概念、主要观点和基本方法论，以及相关研究现状。

1.1 航空保障装备

1.1.1 航空保障装备及相关概念

1. 相关概念

在界定航空保障装备概念之前，首先介绍与航空保障装备相近的几个术语，包括保障设备、飞机维修保障设备、航空维修保障装备等。

根据 GJB 5967—2007《保障设备规划与研制要求》中的定义，保障设备是指使用与维修装备所需要的设备，包括测试设备、维修设备、试验设备、计量与校准设备、搬运设备、拆装设备、工具等，是综合保障要素之一。

根据《中国空军百科全书》中的定义，飞机维修保障设备是用于飞机、直升机维修的工具、测试设备、地面保障设备、修理工艺装备、机务专用车辆和方舱等的统称。

根据《中国人民解放军空军军语》中的定义，飞机维修保障设备是用于飞机维修的工具、测试设备、地面保障设备、修理工艺装备、专用车辆和集装箱等的统称。

根据《空军航空维修保障装备管理规定》中的定义，航空维修保障装备是直接或间接用于航空装备维修的各种工具、小型设备、地面保障设备、测试设备、修理工艺装备、专用车辆、方舱和集装箱等的统称。

2. 航空保障装备的概念

考虑到上述概念主要是面向航空维修保障工作，不能覆盖全部航空装备保障工作，因此本书在综合上述概念的基础上，将广义的航空保障装备概念界定为直接或间接用于航空装备保障的各类型保障装备的统称；狭义的航空保障装备就是人们通常理解的航空维修保障装备。

1.1.2 航空保障装备的分类

1. 按照功能用途分类

按照功能用途分类，航空保障装备可以分为维修保障装备、任务支援保障装备、场务保障装备、训练保障装备、弹药保障装备、四站保障装备。

(1) 维修保障装备根据具体功能用途的不同，又可以分为工具、顶支设备、牵引设备、拆装和起吊运输设备、接近和辅助设备、加注充填设备、排故设备、系留设备、防护设备、测试设备、维修支援信息化设备、战伤维修设备、修理工艺设备、机动转场设备等。其中，工具主要是指用于航空装备维修的通用和专用手工工具、辅助工具和刀具等；测试设备主要是指检查、测量和检验航空装备（包括机载设备、机件）功能、技术参数、工作（运转）情况和故障诊断的仪器设备及能源和辅助设备。

(2) 任务支援保障装备主要是指用于作战支援保障任务的航空保障装备，通常包括飞行数据转录与处理设备、任务规划设备、任务加载设备、视频回放设备等。

(3) 场务保障装备是用于机场场务保障的专用车辆、设备和器材的统称，主要包括运输牵引设备、清扫设备、消防设备、驱鸟设备、飞机抢救设备、飞机拦阻设备等。

(4) 训练保障装备是用于空勤、地勤人员训练的保障装备，主要包括各种模拟训练器材。

(5) 弹药保障装备是航空弹药保障的装备、设备、仪器、仪表和专用工程车辆等的统称，具体包括弹药参数装定设备、测试设备、运输设备、装挂设备与油料加注设备。

(6) 四站保障装备是生产或供应航空装备所需气体、电源、空调气源、肼燃料和地面液压源等地面保障装备的统称，具体包括制氧制氮装备、制冷送冷装备、充氧（氮）装备、充（放）电装备、电源车和蓄电池起动车、空调车、油泵车、气源起动车八大类。

2. 其他分类方法

(1) 按照保障装备的通用程度可分为通用航空保障装备和专用航空保障装备。

(2) 按照保障装备配备的维修级别可分为基层级保障装备、中继级保障装备、基地级保障装备。

(3) 按照保障装备的配套状态可分为新研保障装备、改进保障装备和沿用保障装备。

1.2 航空保障装备系统工程

1.2.1 航空保障装备系统工程的提出

伴随航空装备引进、测仿、自研、创新的发展过程,装备综合保障工程理念、方法的深入实践,在需求、技术的双重推动下,配套的航空保障装备的功能、性能越来越先进,复杂程度越来越高,对航空装备作战的支撑作用也越来越明显。然而面对航空装备快速发展和实战化训练转型的现实需求,也逐渐暴露出航空保障装备在发展论证、设计研制、使用管理等方面的诸多问题,对航空装备的战备完好性、任务成功性、保障机动性和经济性水平造成了较大制约。

1. 航空保障装备发展方面的问题

(1) 需求论证方面的问题。一是科研部门对航空保障装备的需求管理有待完善。在型号研制总要求的论证中,目前只有个别新研或较重要的保障装备才提出了具体的研制要求,而其他保障装备的研制要求则未能详细体现。二是使用部门对牵引和约束保障装备研制的相关技术要求过于简单,保障装备装载运输体积控制、采购价格等约束条件不够深入、具体。

(2) 设计方面的问题。一是部分保障装备在设计上未实现多功能的综合,在一定程度上造成了保障装备型号繁多的问题。二是部分保障装备设计形状不规则、难以折叠,造成小件不易集中、大件结构笨重,携运时不能堆积且无法固定,需要占用大量运输飞机、火车、车辆等载体,机动转场时效率低、尾巴长。三是部分专用方舱未根据保障装备的具体情况设计,内部空间划分不尽合理,导致准备时间长、展开速度慢,而且很容易发生“错、忘、漏、损”现象,不满足快速出动要求。

(3) 研制方面的问题。一是部分保障装备研制缺乏有效的竞争机制、过程监管机制,保障装备目录审查较为粗放;二是保障装备的试验鉴定要求和程序不够规范,存在试验环境不够真实、试验时间不充分、试验方案不够完善、鉴定状态不稳定、鉴定手段单一等问题。

2. 航空保障装备能力发挥方面的问题

(1) 航空保障装备机动性不高,不适应远程远海作战训练需求。主要表现为航空保障装备集成化和小型化程度不高,在机动转场驻训时,需要携带大量的一线保障设备和二线检测设备。

(2) 航空保障装备通用性不强,不适应多机种保障需求。部分航空保障装备功能单一,只适用于某一机种(型)的某项保障工作,在一定程度上制约了多机种保障的组织实施。以外挂设备为例,某机型外挂设备包括内侧通用挂架、中部通用挂架、外侧通用挂架、机

身侧挂架、通用吊舱挂架、通用挂架、轻型标准挂架、空舰导弹发射装置、机翼副油箱挂架、机身副油箱挂架等多种型号。不同弹型、种类所需的挂架不同，武器挂架种类繁多，且不同挂架在装机或装挂武器装备时所需的设备不能通用，这导致装挂武器需要耗费大量的人力和物力，直接影响快速出动水平。

(3) 航空保障装备智能化程度低，不适应精确保障需求。作战单元发现故障后，由于缺少自动化的深度检测设备，仅能确定到外场可更换故障件，难以直接隔离到故障件中的具体元器件，导致故障件只能返厂修理，周期长、效率低，影响作战单元修理能力建设。

(4) 航空保障装备寿命周期费用高，不适应经济可承受性要求。伴随航空保障装备数量的增加和技术水平的提升，保障装备采购费用、后期维护费用增大，买得起、养不起的问题逐步暴露。

3. 航空保障装备配备方面的问题

在作战单元作战训练过程中，暴露出部分航空保障装备配备不合理、不精确、不能满足需求等问题。

(1) 部分航空保障装备配备比例不够合理。部分航空保障装备，特别是一线维修保障装备使用频繁，但配备的数量较少，难以满足平时训练和多地保障需求；而部分一线维修保障装备使用次数少但配备较多，造成较大资源浪费。

(2) 部分航空保障装备配备不满足需求。部分航空保障装备，特别是二线检测设备在功能、性能上不能完全满足定检等周期性工作需求，直接影响周期性工作的质量和进度；另外，航空保障装备配备还不成体系，缺少新型材料、结构检测设备及战时常用的抢修工具、机动方舱等。

(3) 机动航空保障装备配备方案不精确。机动携行、预置预储编配需求不精确，导致携行规模大、预置利用率低等情况发生，与实战化作战要求之间的矛盾较为明显。

(4) 部分航空保障装备配备周期长。部分航空保障装备从批准配备到最终交付作战单元的周期较长，配置时间不确定性高，在一定程度上影响了作战训练任务的完成。

4. 航空保障装备管理方面的问题

(1) 航空保障装备修理管理方面。一是由于修理程序复杂、修理质量不高等原因，导致部分航空保障装备修理周期过长，影响作战单元使用。二是部分航空保障装备签订采购合同时，在质量保证服务、修理途径、修理价格、修理经费保障等方面不够明确，导致需要哪级部门负责、哪级工厂修理不明确，需要长时间协调。三是部分承修单位修理不规范，修理好航空保障装备后，只提供设备交接单，没有出具包含故障原因、修理措施、处置方法等具体修理信息的修理单据。

(2) 航空保障装备使用管理方面。一是航空保障装备退役报废管理不科学。部分高价值航空保障装备退役报废缺乏规定的程序，缺少寿命规定，导致作战单元相关保障装备退役报废处理不科学，存在超期服役使用现象。二是航空保障装备信息管理基础薄弱。航空保障装备履历资料格式不统一、信息记录不全面，缺乏有效的信息系统软件支撑，信息管

理存在薄弱环节。三是航空保障装备基层管理维护跟不上。部分航空保障装备的存放和专人管理没有达到标准要求,如一些比较精密的仪器设备,需要存放在规定的温度、湿度环境下,但由于条件限制缺乏必要的储存环境;航空保障装备使用后的维护保养不及时,发现设备故障或损坏不及时,影响下一次使用时的维修保障工作;航空保障装备缺乏对管理人员在维修保养、性能检查等方面的专项培训,管理人员在能力素质上还有一定差距。

从上述分析可以看出,航空保障装备问题涉及论证、设计、研制、生产、采购、使用、退役报废及管理等诸多环节和要素;涉及业务机关管理部门、工业部门、作战单元等相关单位,涉及航空保障装备体系建设;影响了航空装备系统作战保障能力的有效发挥,是一个复杂的系统工程。在传统上只将航空保障装备视作型号航空装备配套保障资源的做法没有真正从作战使用、体系能力建设的视角研究航空保障装备论证、设计、研制和使用问题,没有从根本上树立全系统全寿命管理思想,导致航空保障装备整体效能效益难以有效发挥。因此,有必要将航空保障装备看作一个系统,从用户角度,基于全系统全寿命视角,运用系统工程的理论、技术和方法,实现以“任务完成、装备完好”为中心的“好保障、保障好”目标,这就是航空保障装备系统工程的任务。

1.2.2 航空保障装备系统的概念

1. 系统工程概念

我国著名科学家钱学森曾指出:“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法,是一种对所有系统具有普遍意义的科学方法。系统工程是一门组织管理的技术。”

美国著名学者切斯纳(Chestnut)指出:“系统工程认为,虽然每个系统都是由许多不同的特殊功能部分组成的,这些功能部分之间又存在联系,但是每个系统都是完整的整体,每个系统都要求有一个或若干个目标,系统工程是按照各个目标进行权衡,全面求得最优解(或满意解)的方法,并使各组成部分能够最大限度地互相适应。”

日本工业标准(JIS)界定:“系统工程是为了更好地达到系统目标,而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机制进行分析与设计的技术。”

西安交通大学汪应洛院士认为:“系统工程是从总体出发,合理开发、运行和革新一个大规模复杂系统所需思想、理论、方法论、方法和技术的总称,属于一门综合性的工程技术。”

2. 航空保障装备系统

航空保障装备系统是指为完成一定的航空装备保障任务,由相互独立而又相互协作的若干航空保障装备组成的更高层次的系统。航空保障装备系统对应的实体可大可小,型号航空装备配套的便携式维修辅助设备(PMA)可以视为一个航空保障装备系统,型号航空装备配套的所有航空保障装备集合也可以视为一个航空保障装备系统。航空保障装备系统具有系统的一般属性,即整体性、关联性、环境适应性、目的性和层次性。

由于某个系统是另一更大系统的组成部分，因此航空保障装备系统是航空保障系统的一个子系统，更是航空装备系统的子子系统。

3. 航空保障装备系统工程

航空保障装备系统工程是以航空保障装备系统为研究对象，应用系统工程的理论、技术和方法，从系统的整体目标出发，研究系统的论证、方案、工程研制、试验、生产、使用保障和退役处理问题，以实现系统优化的科学方法。航空保障装备系统工程研究的典型问题贯穿全寿命周期，具体包括：航空保障装备系统（或体系）设计、评估与优化，航空保障装备配置，航空保障装备研制、采购和使用管理，航空保障装备试验鉴定与评估，航空保障装备作战运用等。

1.2.3 航空保障装备系统工程的主要观点

1. 全系统的观点

航空维修保障装备、任务支援保障装备、场务保障装备、训练保障装备、弹药保障装备、四站保障装备、不同维修专业（机械、特设、航电、军械）航空保障装备、内外场航空保障装备构成了航空保障装备系统，它们之间具有有机的联系，是一个不可分割的整体。另外，航空保障装备系统必须与型号航空装备、航空装备体系相匹配，与其他类型航空保障系统相协调，同步考虑、同步设计研制，保证航空保障装备系统在交付使用之时就能形成作战能力。

2. 全寿命的观点

与航空装备一样，航空保障装备的全寿命周期过程也是指从论证阶段开始直到退役处理的整个过程。其中，论证阶段也称为立项论证阶段，主要是提出战术技术要求和论证技术经济可行性，探索各种备选方案。方案阶段也称为初步设计阶段，主要是对备选方案进行分析、评价和确认，以降低风险。工程研制阶段也称为详细设计及研制阶段，它包括详细工程设计、样机研制、保障诸要素研制、试验、评估、鉴定直到能生产的状态为止。生产部署阶段包括制造、安装、调试、验收、培训、配备保障直至交付使用或部署。使用保障阶段包括保管、储存、借用、归还、操作、保养、维修等活动。全寿命的观点要求既要重视后半生航空保障装备的使用、保障工作，更要重视前半生航空保障装备的论证、设计工作；要求按照并行工程的思想，以产品综合组的形式，通盘考虑全寿命周期内的各种需求、矛盾和因素。

3. 以用户为中心的观点

工业部门开展的航空保障装备的论证、设计、研制工作，管理机关和使用部门开展的采购、配备、使用与保障工作，必须以最终用户需求为中心，确保能有效满足作战训练任务要求，保证质量安全，提高效率效益。航空保障装备的最终用户就是部队，部队才是航

空保障装备研发需求的最初提出者，也是航空保障装备使用适应性的最终评判者。

1.2.4 航空保障装备系统工程方法论

航空保障装备系统工程方法论是分析和解决航空保障装备系统论证、设计、研制、生产、采购、部署、使用及管理实践中的问题所应遵循的工作程序、逻辑步骤和基本方法，是航空保障装备系统工程思考问题和处理问题的一般方法与总体框架。

常见的系统工程方法论包括霍尔和切克兰德的系统工程方法论（霍尔三维结构）、美国国防分析研究所提出的并行工程方法学（并行工程思想）、钱学森等提出的综合集成工程学、物理—事理—人理（WSR）系统方法论等，本章仅介绍霍尔三维结构和并行工程思想。这里结合航空保障装备特点，进行论述。

1. 霍尔三维结构

系统工程解决的问题具有时间性、空间性和层次性。为了认识和描述要研究的问题，美国学者霍尔等人在大量工程实践的基础上，于1969年提出了霍尔三维结构。霍尔三维结构集中体现了系统工程方法的系统化、综合化、程序化和标准化等特点，是系统工程方法论的重要基础内容。同样作为一个系统工程问题，航空保障装备系统工程也可以用霍尔三维结构进行描述，如图1-1所示。

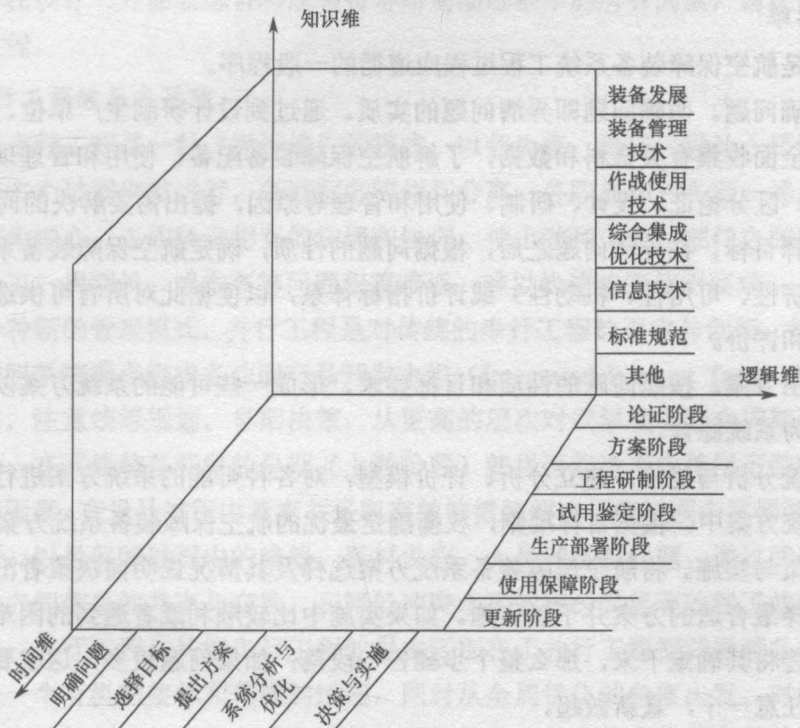


图 1-1 航空保障装备系统工程的霍尔三维结构

1) 时间维

时间维是航空保障装备从立项论证的提出到使用,再到新一轮更新优化的过程,一般分为以下几个阶段:

(1) 论证阶段。该阶段拟订航空保障装备体系发展规划,提出型谱发展建议,提出型号飞机的航空保障装备需求。

(2) 方案阶段。方案阶段也称为初步设计阶段,主要是对航空保障装备备选方案进行分析、评价和确认,以降低风险。

(3) 工程研制阶段。该阶段采取计划或竞争方式,进行详细的工程设计、样机研制,以实现航空保障装备研制方案。

(4) 试用鉴定阶段。该阶段组织研发单位和使用单位开展航空保障装备试用,并组织试验试用评估、问题整改和定型鉴定。

(5) 生产部署阶段。该阶段按照采购计划组织航空保障装备生产,经过验收后配备到各使用单位。

(6) 使用保障阶段。该阶段按照相关使用管理规定,组织航空保障装备交接、验收、入库、领用、归还、出库、故障与损伤修理等活动。

(7) 更新阶段。该阶段对航空保障装备技术状态、使用保障效果进行评估,根据航空保障装备发展和管理需求,及时退役报废和更新相关航空保障装备。

2) 逻辑维

逻辑维是航空保障装备系统工程过程应遵循的一般程序。

(1) 明确问题。明确问题即弄清问题的实质。通过到设计研制生产单位、管理与使用部门调研,全面收集有关资料和数据,了解航空保障装备配备、使用和管理现状,梳理使用单位需求,区分论证、设计、研制、使用和管理等原因,提出需要解决的问题。

(2) 选择目标。在弄清问题之后,根据问题的性质,确定航空保障装备系统工程问题的目标(经济性、可用性、机动性)或评价指标体系,以便据此对所有可供选择的系统方案进行比较和评价。

(3) 提出方案。按照问题的性质和目标要求,形成一些可能的系统方案以供选择,这一步骤也称为系统综合。

(4) 系统分析与优化。建立分析、评价模型,对各种可能的系统方案进行分析比较;在可行的系统方案中,根据目标准则,权衡确定最优的航空保障装备系统方案。

(5) 决策与实施。将航空保障装备系统方案选择及其情况说明向决策者汇报,决策者定下决心选择最合适的方案并予以实施。如果实施中比较顺利或者遇到的困难不大,可略加修改和完善将其确定下来,那么整个步骤告一段落;如果问题较多,这就要回到前面几个步骤中的任意一个,重新做起。

3) 知识维

知识维是指完成上述各阶段、各步骤的工作所需的各种知识和各种专业技术。航空保

障装备系统工程需要的知识包括装备（航空装备及保障装备）发展、装备管理与作战使用技术，系统集成优化技术、信息技术及标准规范等。

2. 并行工程思想

针对航空保障装备系统工程过程中全寿命周期阶段联系不紧密，职能部门缺乏共享、交流和沟通，缺少系统化、结构化分析方法和工具的问题，引入并行工程（Concurrent Engineering, CE）的思想和方法。并行工程是对产品及其相关过程，包括设计、制造、使用和维修保障过程，实行同步的综合设计的一种系统方法，已在武器装备领域发挥了重要作用。

1) 并行工程的定义

与传统的串行工程相比，并行工程是对项目及其相关过程进行并行、一体化工作的一种系统化管理模式，业已成为实施装备全寿命周期管理的理论基础。有关并行工程的定义很多，其中已被大多数人接受的是由维纳（Winner）在国防分析研究所 R-338 研究报告中给出的，即“并行工程是对产品及其相关过程（包括制造和保障过程）进行并行、一体化设计的一种系统化的工作模式，这种工作模式力图使开发者们从一开始就考虑到整个产品寿命周期（从概念形成到产品的报废处理）中的所有关键因素（包括质量、成本、进度和用户需求）”。从该定义可以看出，并行工程是一种管理模式，而不是具体的工作方法；并行工程要求在设计一开始就综合考虑装备寿命周期过程中的所有因素，旨在优化设计、制造和保障过程。

2) 并行工程的基本原理

传统的串行工程是一种“抛过墙”的模式，以邻为壑，论证、设计、研制、试验、使用和维修等多个程序贯进行，各过程之间相互分离，各职能部门各顾一摊，以局部要求和部门利益为中心，工作缺乏相互的沟通和协调，使上游和下游、部门之间冲突不断，重新设计、返工、周期长、成本高等问题积重难返，难以快速响应使用要求。

作为一种新的管理模式，并行工程是对传统的串行工程的否定与创新，如图 1-2 所示。并行工程按照系统观点组成多功能产品开发小组（Integrated Product Team, IPT），以使用需求为牵引，注重统筹规划、早期决策，从更高的层次对武器装备寿命周期过程进行重组和并行思考。在武器装备开发的早期（上游阶段）就尽可能地考虑使用下游特性及其相关过程的各种因素，在设计过程中考虑并采取有效的措施解决制造过程中武器装备的生产性、装配性问题，以及保障过程中的维修、器材供应、人员训练等问题。通过武器装备寿命周期过程活动之间信息的共享与交换，在降低冲突水平的同时又显著改善了效率和效益。从中可以看出，并行工程与传统串行工程的根本区别在于并行工程把武器装备寿命周期过程活动看成是一个有机的整体和集成的过程，同时从全局优化的角度出发，对集成过程进行科学管理与有效控制，并利用各种先进的计算机辅助工具和信息化的产品数据管理技术手段对现有的产品开发过程进行不断地改造与提高。