



Zhuangbei Zonghe Baozhang Gongcheng

装备综合保障工程

单志伟 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

装备综合保障工程

单志伟 等著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

装备综合保障工程/单志伟等著. —北京:国防工业出版社, 2007. 2

ISBN 978-7-118-04956-5

I. 装… II. 单… III. 武器装备-后勤保障 IV. E144

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 003120 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 100044)

京南印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 10⁵/₈ 字数 274 千字

2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

由于新研装备在交付部队后出现的种种保障问题,制约着装备及时形成保障能力与战斗能力,因此,装备及时形成保障能力已经成为大家都在思考的问题。虽说保障问题出在装备的使用过程,但根源却在装备的研制阶段。如何在装备的研制过程中确定出协调匹配的保障性要求,在主装备的研制过程中综合考虑保障问题,及时确定保障资源需求并采购或研制保障资源,保证保障资源与主装备同步配发部队,保证在装备的使用过程中以可承受的寿命周期费用实施对装备的保障,从而保证装备具有较高的战备完好水平呢?在装备的寿命周期过程中实施装备综合保障工程是一种有效的途径。

我国在 20 世纪 80 年代开始装备综合保障工程研究,国内的学者和工程技术人员以期通过在装备研制过程中综合考虑保障问题,解决装备便于保障和能及时提供所需保障的问题。广大的从事综合保障研究、教学和工程应用的人员非常急需一本比较系统地介绍装备综合保障理论、应用方面的书籍。经过近 20 年的探索和工程实践,在总结有关装备综合保障的研究成果的基础上,借鉴与参考相关教材、著作的编写经验,按照教学规律和自学的特点,我们编写了该教材。借此机会,也向默默无闻地从事该领域研究的专家、学者和工程技术人员,向对本书提出宝贵意见的同志们表示衷心的感谢。

全书共分八章。第一章介绍了装备综合保障的基本概念、任务、研究对象和发展。第二章至第六章是装备综合保障工程中的最核心和基础的部分,我们的愿望,一是能看懂,尽量做到通俗,由浅入深;二是能运用,尽量做到所读人员掌握保障性要求确定的思

路、保障方案确定与优化的方法、保障资源需求确定的方法和保障性试验与评价的重点等；三是能在此基础上开始阅读一些国内外的有关文献资料。第七章是叙述有关综合保障建模与仿真方面的基本内容，它是综合保障工程的重要研究领域，这方面的成果不少，但方法不够丰富，以期引起大家的重视。第八章是有关综合保障管理方面的内容，重点介绍综合保障计划、组织和控制方面的内容。另外，附录 A 是为了加强有关装备综合保障的操作性，对我们所开发的典型装备综合保障工作平台软件系统进行的简要介绍。为了帮助读者掌握装备综合保障工程的基本内容，每章后面附有一定数量的习题和思考题，供读者选用。

全书各章节分别由何成铭(第一章)，单志伟(第二章、第六章)，刘维维(第三章)，陈守华(第四章第一、二、三、五节、附录 A、B、C、D)，申莹(第四章第四节)，刘福胜(第五章)，曹军海(第七章)，王玉泉(第八章)编写。全书由单志伟统稿，黄海和徐丹参与了编写工作。

因限于水平，错误之处在所难免，读者如能给予批评指正，将是对我们最大的支持和鞭策。

目 录

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| 第一节 概述 | 1 |
| 第二节 装备系统的保障性 | 4 |
| 第三节 综合保障工程的基本概念 | 7 |
| 第四节 国内外综合保障工程的发展 | 18 |
| 作业与思考题 | 23 |
| 第二章 保障性分析 | 25 |
| 第一节 保障性分析概述 | 25 |
| 第二节 保障性分析的主要内容 | 28 |
| 第三节 保障性分析技术 | 34 |
| 第四节 可靠性理论 | 49 |
| 第五节 排队论 | 57 |
| 作业与思考题 | 60 |
| 第三章 确定保障性要求 | 62 |
| 第一节 装备保障性要求 | 62 |
| 第二节 确定保障性要求的过程 | 70 |
| 第三节 确定保障性要求的方法 | 82 |
| 作业与思考题 | 89 |
| 第四章 保障方案的确定与优化 | 90 |
| 第一节 保障方案的内涵、组成及确定程序 | 90 |
| 第二节 确定使用保障方案 | 92 |
| 第三节 确定预防性维修保障方案 | 100 |
| 第四节 确定修复性维修保障方案 | 117 |
| 第五节 保障方案的权衡与优化 | 137 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 作业与思考题 | 159 |
| 第五章 确定保障资源需求 | 160 |
| 第一节 保障资源概述 | 160 |
| 第二节 建立保障方案与保障资源的联系 | 164 |
| 第三节 确定人员数量、专业与技术等级需求 | 167 |
| 第四节 确定保障设备需求 | 175 |
| 第五节 确定备品备件需求 | 183 |
| 第六节 确定其它保障资源需求 | 197 |
| 作业与思考题 | 209 |
| 第六章 保障性试验与评价 | 211 |
| 第一节 概述 | 211 |
| 第二节 针对保障性定量参数的试验与评价 | 216 |
| 第三节 针对保障资源的试验与评价 | 226 |
| 作业与思考题 | 235 |
| 第七章 综合保障的建模与仿真 | 237 |
| 第一节 概述 | 237 |
| 第二节 建模与仿真的基本原理 | 240 |
| 第三节 建模与仿真在保障性分析中的应用 | 267 |
| 第四节 国外综合保障仿真模型简介 | 271 |
| 作业与思考题 | 279 |
| 第八章 综合保障工程的管理 | 280 |
| 第一节 综合保障计划 | 280 |
| 第二节 综合保障工程的组织机构 | 287 |
| 第三节 综合保障工程的评审 | 291 |
| 第四节 综合保障工程的范围管理 | 294 |
| 第五节 综合保障工程的时间管理 | 296 |
| 第六节 综合保障工程的风险管理 | 303 |
| 作业与思考题 | 307 |
| 附录 A 装备综合保障工作平台简介 | 308 |
| 附录 B 装备出车前准备的使用保障工作示例 | 317 |

| | | |
|------|------------------------|-----|
| 附录 C | 装备行驶间歇检查的使用保障工作示例..... | 319 |
| 附录 D | 装备回场后的使用保障工作示例 | 320 |
| 参考文献 | | 322 |

第一章 绪 论

第一节 概 述

装备投入使用后能否迅速形成战斗力，在平时训练和战时使用中能否充分发挥其效能，不仅与人员素质和指挥水平有关，还与装备的作战性能和保障特性有着密切的关系。装备的保障特性是指装备保持和恢复战备完好状态、持续完成作战与训练任务的能力，它表现为装备便于进行使用与维修保障，并能在使用与维修的过程中得到充足和适用的保障的特性，装备所具有的这种能力称为保障能力。伊拉克战争和近年来国际上发生的几场局部战争表明，装备的保障能力是装备战斗力的重要组成部分，是保证装备充分发挥、保持、恢复与提高战术技术性能的重要因素。现代战争节奏加快，对抗更加残酷激烈，装备损伤消耗率高，因此对装备保障的依赖程度也越来越大。

一、新装备交付部队后出现的保障问题

为了提高装备的作战能力，以适应现代战争的要求，近年来，我国研制和交付了一大批新型武器装备。这些新装备科技含量有很大提高，战术技术性能大幅度提升，使我军武器装备整体建设水平有了较大的提高。但是，这些新装备在使用中也暴露出保障困难、保障资源不配套、保障费用居高不下、形成保障能力的周期长等一系列问题。究其根本原因，主要是在研制过程中没有或者很少同步综合地考虑装备保障问题。

1. 我军装备更新换代后出现的保障问题，迫切需要开展装备综合保障工程

我军装备的研制大体上经历了从全盘引进、仿制到自主研制

的渐进过程。国产第一代装备,主要是苏联援建的制造厂按提供的装备图纸生产制造的。我军的技术保障体制及维修制度,也都效仿了苏军的模式。因此,在武器装备配发部队的同时,相应的技术保障体制、维修制度以及各类保障资源也都相应到位,并基本能适应装备的使用要求。20世纪60年代以后,我国又自行研制生产了一批装备,但从结构形式和复杂程度上看,基本上与上述装备相当,所需的保障资源也无需较大的改变,与现有体制基本能适应。部队在使用这批国产装备时,也没有出现更多的问题。在“七五”科研规划的执行过程中,我国引进了一批电子设备和先进装备,由于没有同步引进配套的保障要素,出现了装备配发部队多年后,仍不能形成保障能力的局面。进入80年代,我国又陆续仿制和自主研制了一批可称得上“二代”的装备。这批装备在结构上有了很大的变化,性能上也有了很大的提高。但在研制过程中,没有综合考虑装备保障问题,也没有同步开展保障配套建设,导致装备交付部队使用后,由于使用不便、故障频发、维修困难和缺少必要的保障资源,给部队的战备与训练带来了极大的困难。例如某种新装备,由于缺少图纸和技术资料、没有维修制度、缺少必要的检测设备和维修设备、备件得不到保证等原因,导致长期形不成战斗力。某部队在接收新装备后的五年中,经常性地外请排故人员,用于接待外请人员的开支和器材购置费,占新装备事业费的80%以上,给部队造成了极大的负担。可见,这种在研制装备时不考虑装备保障问题的做法,其最终结果是造成装备保障困难,保障费用高昂,难以在短期内形成保障能力和战斗力,甚至会给部队带来沉重的负担。

2. 近年来,装备及时科学地形成保障能力需要综合保障理论的指导

为了促使各种武器装备尤其是新装备形成保障能力,各军兵种都进行了有益的探索和尝试。如传统的经验型保障配套建设的方式、形成保障能力现场会的方式、重点建设形成保障能力的方式等。应该说上述方式对新装备形成保障能力与战斗力起到了显著

的作用,对装备迅速形成保障能力提供了有益的经验。但也应清醒地看到,上述方式在解决保障配套建设方面还存在着一些问题。如何保证保障资源配套建设的科学化,特别是在与新装备同步配套以保证新装备及时形成保障能力、减少新装备保障负担、保证新装备最大的战备完好性和机动性等方面还需要现代保障理论与方法指导,也需要在装备的寿命周期内大力开展装备综合保障工程。

二、序贯工程对形成保障能力的影响

多年来,我国在装备研制过程中,一直采用先研制主装备、后开展保障配套建设的序贯式工程做法,即先由承制部门进行主装备的设计,而后由院校、研究所和部队进行保障配套建设。这种做法在一定的时期内对装备建设起到了积极的作用。但随着新装备技术含量的提高,装备结构、功能愈来愈复杂,也出现了严重制约装备保障能力形成的问题。在这种序贯式的装备研制方式下,装备保障问题是在装备研制结束配发部队以后才开始考虑的,这一方面使得装备保障建设大大滞后于主装备建设;另一方面,很多设计因素会影响装备保障的难易程度,但由于主装备已经定型,很难再从保障的角度影响主装备设计。因此经常出现主装备配发部队多年而不能形成保障能力的情况。

三、国外武器装备高保障水平对我们的启示

早在20世纪60年代,以美国为代表的军事发达国家就开始提出综合后勤保障的概念,在装备研制中同步综合规划装备保障问题,一方面通过考虑保障问题有效地影响装备设计,使得设计出来的装备便于保障;另一方面,在主装备设计的同时,就开展装备保障配套建设,使得新装备一到部队就能得到及时有效的保障。按照这种思想研制出来的装备,与之前的装备相比,虽然结构更加复杂、性能更加先进,但保障工作却反而更少、更简便。正是借鉴上述经验,近年来,我国在各种型号装备的研制过程中也开始同步考虑和规划装备保障问题,并把这方面的工作称为“装备综合保障工程”。

第二节 装备系统的保障性

装备是用以实施和保障作战行动的武器、武器系统和军事技术器材的总称,主要指武装力量编制内的武器、弹药、车辆、器材、装置等。可见,装备这一概念不仅包括实施作战行动的主战装备,还包括保障作战行动的保障装备、设备、器材、弹药等。主战装备本身并不具备持续的作战能力,还必须依靠由保障装备、设备、器材、弹药和人员等资源通过有机的管理所形成的保障系统,即保障资源的有机组合,从而对主战装备提供及时有效的保障。装备要完成规定的作战与使用功能,就必须依靠与主战装备相匹配的保障系统,二者有机组合起来才能形成装备系统。

武器装备在投入使用后能否尽快形成保障能力,本质上取决于装备系统的保障特性,既要求主装备本身具有便于保障的设计特性,又要求保障系统具有能够对主装备实施及时有效保障的特性,上述特性称为装备系统的保障性。

一、保障性的定义与内涵

保障性是系统的设计特性和计划的保障资源能满足平时和战时使用要求的能力(参见 GJB 451A—2005)。

保障性是装备系统的固有属性,它包括以下两个方面的含义:

(1)装备要具有便于保障的设计特性。装备设计得可靠耐用,操作简便,易于维护、修理,便于检测、装卸、运输,便于补充燃油、冷却液、弹药等消耗品,装备的保障工作自然就会少,并且简便易行。如果装备具有便于使用与维修保障的设计特性,就说明它是好保障的。如装备的可靠耐用、维修方便、充添加挂容易、人员技术要求低、所需要的保障资源品种与数量少等都体现了装备便于保障的特性。

(2)所规划的保障资源应当充足、适用。保障资源是指为保证装备达到平时和战时使用要求所必需的人力、物力和信息等资源,是对装备实施保障活动的物质基础。保障资源通常包括以下八大

类：①装备使用与维修人员；②消耗品和备件；③保障设备；④技术资料；⑤训练保障资源；⑥嵌入式计算机的保障资源；⑦保障设施；⑧包装、装卸、储存和运输保障资源。所规划的保障资源在品种和数量上能满足装备的使用与维修需求，则说明所规划的保障资源是充足的；所规划的保障资源与主装备相匹配，装备使用与维修所需要的保障资源都在规划的范围之内，而且所规划的保障资源都是装备使用与维修保障所必需的，则说明所规划的保障资源是适用的。

如果所规划的保障资源品种和数量不充足，就会因等待保障资源而延误保障行动；如果所规划的保障资源不适用，要么出现保障资源不充足而延误保障行动的现象，要么出现保障资源过剩而造成经济效益低下的现象，甚至两种情况同时发生。如保障资源配置的品种与数量较多，但利用率较低，并且仍然缺少部分保障资源，这都是保障资源配置不合理的表现。

二、保障性与其它设计特性的关系

保障性是装备便于保障的属性的综合体现，它受到各种设计特性的影响和制约。可靠性、维修性和测试性等都是装备的固有设计属性，保障性则是装备系统的固有属性，它们都是装备综合性能的重要组成部分。它们从不同侧面反映了装备的综合性能，要通过不同的专业工程进行设计、分析和评价。同时，为了以最低的可承受的寿命周期费用实现装备的战备完好性目标，可靠性、维修性和测试性等设计特性与保障性之间必须是协调的，它们之间存在着相互影响、相互制约的关系，各专业工程都是系统工程过程的不可分割的组成部分，相互之间通过接口关系而相互作用和影响。

装备系统的保障性是通过在装备的寿命周期内开展综合保障工作(确定保障性要求、进行保障性分析、综合考虑保障问题，使保障考虑影响装备设计，同步规划保障资源，建立经济有效的保障系统等)赋予装备系统的固有属性。综合保障工程与可靠性、维修性、测试性工程等是不同的专业工程。在系统工程过程中，综合保

障工程与可靠性、维修性和测试性工程之间相互作用并存在着接口关系。如在保障性分析过程中需要可靠性、维修性、测试性分析、预计和分配等的结果,而保障性分析的结果可能又会反过来影响可靠性、维修性、测试性的要求和设计。

从设计属性的角度讲,保障性和可靠性、维修性、测试性有着共同的目标,即提高装备的战备完好性、可用性,保证任务成功和减少维修人力与保障费用,因而它们之间既相互影响和制约,又必须是相互协调的,它们统一于寿命周期费用和战备完好性目标。如以使用可用度(A_0)作为战备完好性的度量参数,若不考虑待命时间、不工作时间、反应时间和管理延误时间,则保障性与可靠性、维修性(含测试性)之间存在如下关系:

$$A_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MPT + MLDT} \quad (1-1)$$

式中 MTBF——平均故障间隔时间,可靠性的基本参数之一;
MTTR——平均修复时间,维修性的基本参数之一,反映了修复性维修的难易程度;
MPT——平均预防性维修时间,维修性的基本参数之一,反映了预防性维修的难易程度;
MLDT——平均保障延误时间,反映了所规划的保障资源的充足与适用程度及保障系统的效能。

式(1-1)较为清晰地描述了装备的战备完好性(使用可用度)水平与装备的可靠性、维修性(含测试性)水平以及所规划的保障资源的充足与适用程度和保障系统效能之间的关系。当然如果考虑待命时间、管理延误时间等因素,上述关系可能更为复杂一些,但只要能把各类时间统计清楚,仍然能够清楚地描述它们之间的关系。

三、落实装备保障性的方法

要使装备系统具有良好的保障性,就要在装备的寿命周期内开展装备综合保障工程。通过开展保障性分析,综合考虑保障问题,使保障考虑影响装备设计;通过同步规划保障资源,建立经济

有效的保障系统,对装备实施及时有力的保障。

第三节 综合保障工程的基本概念

一、综合保障工程的定义

综合保障工程是在装备研制全过程中为满足战备和任务要求,综合规划装备所需的保障问题,在装备部署使用的同时以可承受的寿命周期费用提供与装备相匹配的保障资源和建立有效的保障系统所进行的一系列技术与管理活动,有时也简称为综合保障工程或者综合保障。

装备的保障性是通过开展装备综合保障工程来落实的。开展装备综合保障工程要达到两个目的:一是通过考虑保障问题对装备设计施加影响,使装备设计得便于保障;二是通过同步规划和获取保障资源,建立保障系统,对装备实施经济有效的保障,使所部署的装备能够得到保障。

保障系统是在装备寿命周期内用于使用和维修装备的所有保障资源及其管理的有机组合,是为达到既定的保障性目标使所需的保障资源相互关联和相互协调而形成的一个系统。虽然在规划保障的过程中,各类保障资源是根据装备战备完好性目标而研制和选用的,但只有保障资源还不能直接形成保障能力,需要将所有的使用与维修保障资源有机地组合起来,形成保障系统,才能充分发挥每项资源的作用。保障系统是保障资源及其管理的有机组合,这种组合不是简单的叠加,而是资源结合相应的管理,只有通过合理的管理,才能将分散的各类保障资源组成具有完整使用与维修功能的系统。通过在装备研制过程中考虑保障问题,影响装备设计,使所设计的装备具有便于保障的特性;将装备研制过程中同步规划和获取的保障资源有机地管理起来,形成与主装备相匹配的保障系统,才能对装备实施保障,使装备在使用中得到经济有效的保障。

二、综合保障工程的主要工作任务

为了实现上述目的,装备综合保障工程主要应完成如下几个方面的任务:

- (1)提出科学合理的装备保障性要求;
- (2)有效地将保障考虑纳入装备系统设计;
- (3)规划并获取所需的保障资源;
- (4)在使用阶段以最低的费用对装备实施保障。

三、综合保障的研究对象

装备在执行作战与使用任务时所需要的保障工作是多方面的,比如侦察、伪装、通信、气象、测量等作战保障,生活物资供应、医疗保健和救护等后勤生活保障,装备的储存、运输、加添燃料、补充弹药、检查、测试、维护、修理等装备保障。装备综合保障工程研究的是装备保障。

装备保障是指为使装备处于战备完好状态并能持续完成作战任务所需的保障工作。装备保障工作的多寡与难易程度,与装备研制中所赋予的设计特性密切相关。实施装备保障所需的保障资源,应当在装备研制过程中同步规划,确保与装备相匹配。装备综合保障工程主要研究如何规划和实施装备保障,使装备与其保障系统相互匹配,从而发挥出最佳的使用效能。

本书中所指的装备保障包括使用保障与维修保障两大类。

使用保障是指为保证装备正确操作动用以便能充分发挥其作战性能所进行的一系列保障工作,如装备封存与启封、储存与运输、使用前检查、加添燃油和冷却液、补充弹药等。维修保障是指为了保持和恢复装备完好的技术状况所进行的保障工作,如装备的预防性维修、修复性维修(修理)、战场抢修、器材供应等。使用与维修保障工作都需要相应专业人员的配备与训练、物资保障以及一套完整的系统,才能得以有效实施。装备是否便于进行使用与维修保障,在很大程度上取决于装备的设计特性,而装备在使用与维修的过程中能否得到及时有效的保障,则取决于保障资源的充足与适用程度,或者说取决于保障系统的能力。比如,加注燃油

的速度既与油路的结构设计有关,又与加油设备的性能有关;再如,部件的拆装时间既与装备的结构设计有关,也与拆装工具设备的性能有关。因此在装备研制时就要考虑装备的使用保障和维修保障问题,一方面影响装备的设计,使之设计得便于进行使用与维修保障,以及使得使用与维修保障工作少而且简单;另一方面,还能同步规划使用与维修保障所需的资源,使之能满足装备使用与维修保障的需要,并且与主装备相匹配。

对于装备使用保障,在研制阶段要考虑的因素举例如下:

(1)所设计的装备要便于操作,减少操作人员的数量,易于实施人员的训练,操作手不需要过高的文化水平,易于补充更替;

(2)能迅速有效地供应能源,如装备所需的能源要尽量标准化与通用化,以减少供应的品种和数量,燃油的加注应迅速有效,并有与装备使用要求相匹配的加注设备;

(3)有完善和适用的使用保障技术文件,使用操作文件应简单明确,图文并茂并与装备的技术状态相一致;

(4)使用中所需的检测设备及工具便于操作、携带和运送;

(5)适用于规定的运输方式和运输工具;

(6)装备具有自保障能力(如机载辅助动力、机载制氧设备等)、自救能力和适应特殊环境的能力等的考虑;

(7)具有良好的弹药加挂和补充能力;

(8)装备能合理和方便地储存,并保证质量完好;

(9)装备有适用的场站、仓库、码头等设施。

对于装备维修保障,在研制阶段要考虑的因素举例如下:

(1)制定合理的维修保障方案,以便规划维修所需的资源和保障要求;

(2)力求减少预防性维修的工作量,特别是基层级维修,以减少维修停机时间和维修人员、设备、器材等的配备;

(3)便于进行修理更换,并尽量采用通用和简单的工具、设备;

(4)提供与装备技术状态一致且简明适用的维修技术文件,以便统一维修要求和指导维修人员操作;