

装备维修工程学

徐绪森 王宏济
甘茂治 傅光甫 编著
于永利

国防工业出版社

434182

裝 備
程 學
維 修
工

劉華清
一九九三年
十月

全 军 通 用 教 材
《装备维修工程学》编委会成员

(以姓氏笔划为序)

于永利	马云林	王汉功	王立群	王宏济
孔繁柯	甘茂治	刘瑾辉	孙书鸿	李改水
李震田	肖殿川	时一中	张启成	陈学楚
罗 云	赵路华	徐绪森	傅光甫	

序

装备维修是使装备保持或恢复到规定状态所进行的全部活动,也是部队战斗力生成和发展的重要保证。因此,提高装备维修保障能力,一直是我军装备建设工作中的一个重要课题。

长期以来,我军认真贯彻中央军委关于装备维修工作的方针、政策,制定和完善了一系列规章制度,采取各种有效措施,较好地保障了我军作战训练等各项任务的完成。但是应当看到,随着科学技术的发展和武器装备的日益复杂,不仅装备维修费用相应增多,而且对维修人员的技术水平、管理水平以及装备维修设备的要求也越来越高。这就要求我们在不断总结经验的基础上,研究新理论,吸收新知识,努力采用新技术和新手段,不断深化改革,以使我军的维修保障工作适应现代战争的需要。

维修工程是于 70 年代初兴起的一门新兴学科。这门新学科应用系统工程的观点和方法对装备实施全系统全寿命过程的科学管理。它以维修工程分析和综合权衡、系统优化为手段,提出装备的可靠性、维修性和保障性等要求,以影响和改进装备设计,从而保证新研制的装备既具有所需要的战术技术性能,又能便于维修和保障,并对装备维修保障分系统做出科学的决策和规划。对于现役装备,亦可应用维修工程不断完善其维修保障分系统,为部队实施装备的科学维修提供决策服务。由此使装备获得快速、有效而经济的维修保障。

实践证明,外军应用维修工程已取得了显著成效,我军引进和应用这一学科的理论和方法,在装备维修工作实践中也取得了令人信服的军事、经济效益。可以相信,大力普及和研究发展维修工程,必将有力地推动我军的装备质量建设和维修保障现代化。因此,从事装备工作的各类人员,都应当了解和掌握这一学科的基本理论和方法。基于上述认识,总参装备部会同总参军训部组织全军有关专家、教授共同编写了《装备维修工程学》。该书由军械工程学院担任主编,并作为通用教材下发全军使用。这本教材的出版是装备维修界的一件大事,它标志着全军研究应用维修工程有了一个新的起

点。

《装备维修工程学》系统地介绍了维修工程的基本概念、理论和方法,结构合理,内容翔实、新颖,论理深入浅出,既可作为装备论证、监制、使用维修工作人员学习维修工程的基本教材,也可作为装备研制、生产人员的参考书。本书的出版,亦为全军统编工程技术教材提供了有益的经验。

当然,维修工程毕竟是一门发展中的新学科,希望广大读者在学习和研究中不断总结创新,并对该书提出宝贵的意见,以便修订再版。

值此书出版之际,我谨向全军从事装备维修工作的广大管理和工程技术人员表示衷心的慰问!向参与编著此书的专家、教授和工作人员表示感谢!

杨侯昌

一九九二年十月十一日

前 言

1988年8月,总参装备部维修计划局(原总后司令部装备修理处)在威海市召开了有陆、海、空三军有关院校的专家教授参加的小型座谈会。会上,大家通过讨论一致认为:随着现代科学技术的发展,装备日益复杂昂贵,对维修保障人员技术水平和管理水平的要求越来越高。为了适应未来战争的需要,必须重视对新兴学科装备维修工程学的研究与应用。应当在军队高等工程技术院校开设这一课程,以宣传普及装备维修工程知识,提高装备维修管理和工程技术人员的素质。在统一认识的基础上,确定要编写一本维修工程的基本教材,定名为《装备维修工程学》。教材内容应明确维修工程的目标、任务与内涵,阐明维修工程的基本理论与方法,适用性要强,既能供院校教学,又能供多方面使用参考,使读者能够基本上掌握维修工程的实质与手段,促进装备全系统全寿命过程的管理。会上议定该书由军械工程学院王宏济教授等人负责编写,有关院校协助,总参装备部维修计划局负责协调和审定工作。军训部院校三局的领导在会上表示十分支持。

威海会议后,军械工程学院成立了编写组并开始收集资料进行准备。为使这项工作做得更好,还对装备维修工程作了大量的调查研究和论证,召开了“维修工程理论与应用”研讨会,进一步明确学科的内涵和外延,理顺与有关学科的关系。编写工作从1991年7月正式开始。编写中借鉴了国外有关维修工程理论,依据我国有关的国家军用标准,结合我国国情和军队的实际情况,参考兄弟院校和研究单位的有关教材、专著和最新研究的成果。在对大量材料研究、消化和吸收的基础上,于1992年7月和1993年7月先后形成了“讨论稿”和“送审稿”。

为了进一步集思广益,总参装备部将“讨论稿”和“送审稿”先后发到军内外有关单位,广泛征求同行专家、教授的意见,两次召开讨论和审查会议。编写组在此基础上,经修改完成本书书稿。中央军委刘华清副主席为本书题写了书名,总参装备部赫续昌副部长为本书作序。这些鼓励和支持必将进一步促进装备维修工程学科的应用和发展。

《装备维修工程学》的出版是军委、总部领导和机关大力倡导和支持的结果,书中凝聚了广大装备维修工作者的心血和智慧。特别是编委会的诸位领导、专家和教授,对本书的内容结构给予了详细的指导,提供了有关的资料。此外,军内外同行对本书的编写提供了许多宝贵的资料或建议。对此,表示衷心的感谢!

本书内容大都是经过编写组的集体讨论。各章执笔人如下:第一章 王宏济;第二章 徐绪森、甘茂治;第三、五、七章 徐绪森;第四章 甘茂治、徐绪森;第六章 徐绪森、王宏济、甘茂治;第八章 于永利、徐绪森;第九章 傅光甫、徐绪森。全书由王宏济、徐绪森统稿。

装备维修工程是一门正在发展中的新兴学科,尽管本书经过多次研讨和修改,但因编写者水平所限,错误之处在所难免,诚请读者指正。

编著者

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 维修和维修保障系统.....	(1)
第二节 装备维修工程的基本概念.....	(8)
第三节 装备维修工程的任务和目标	(11)
第四节 装备维修工程的形成与发展	(16)
第二章 装备系统工程及有关专业工程概述	(21)
第一节 装备系统工程	(21)
第二节 可靠性工程	(26)
第三节 维修性工程	(40)
第四节 保障性与装备综合保障	(50)
第五节 安全性工程	(58)
第六节 人素工程	(63)
参考文献	(68)
第三章 装备系统分析	(70)
第一节 装备系统的可用度分析	(70)
第二节 装备系统的效能分析	(84)
第三节 装备系统的全寿命费用分析	(93)
参考文献	(101)
第四章 维修保障分系统与维修工程分析	(102)
第一节 维修保障分系统.....	(102)
第二节 维修工程分析.....	(106)
参考文献.....	(118)
第五章 可靠性、维修性参数选择和指标的确定	(119)
第一节 参数和指标的区分及其相互关系.....	(119)
第二节 参数选择和指标确定.....	(122)
第三节 参数指标的选定和监控过程.....	(130)
附录 火炮可靠性、维修性主要参数选择和指标确定的示例	(132)
参考文献.....	(135)
第六章 维修任务的分析与确定	(136)
第一节 维修方案和修理策略.....	(136)
第二节 故障规律与分析.....	(141)
第三节 以可靠性为中心的维修分析.....	(151)
第四节 预防性维修工作间隔期的确定.....	(167)
第五节 修理级别分析.....	(182)
第六节 战场修理和战斗恢复力.....	(187)

第七节 装备技术状况的监测、分级和评价	(194)
参考文献	(205)
第七章 维修资源的确定与优化	(206)
第一节 概述	(206)
第二节 人员的规划与训练	(207)
第三节 维修供应品的规划	(209)
第四节 维修备件的确 定	(215)
第五节 维修工具、设备、设施和检测设备的选配	(224)
第六节 技术资料和计算机资源保障	(233)
参考文献	(236)
第八章 维修工程信息管理与分析的模拟	(237)
第一节 维修工程信息管理	(237)
第二节 维修工程分析的系统模拟	(243)
参考文献	(254)
第九章 装备维修管理	(255)
第一节 概述	(255)
第二节 装备维修管理的基本要求和原则	(258)
第三节 装备维修的组织管理	(261)
第四节 装备维修计划管理	(264)
第五节 维修技术与质量管理	(268)
第六节 维修的经费与器材管理	(272)
第七节 训练与科研管理	(276)
第八节 装备维修的战备管理	(279)
附录	(281)
附表 1 正态分布函数表	(281)
附表 2 泊松分布 $P(X=k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$ 数值表	(282)

第一章 绪 论

近几十年来，在现代科学取得一系列重大成就的基础上，掀起了世界范围新技术革命的浪潮。高新科学技术，不仅已经和正在导致产业结构的变化和工农业生产的飞跃，对人类社会生产和生活产生深刻的影响，而且首先被各国竞相应用于军事技术装备^①的发展和军事领域中。由此而产生的明显特征之一是现代高效能的装备日趋复杂昂贵，同时也为装备的维修提出了新的课题。

装备的维修，是保持和恢复装备作战效能的重要手段，已为历次战争所证明。但是，以往漫长岁月所积累的经验 and 现代科学技术的发展揭示人们，单凭沿用的一套维修知识和方法，也就是所谓“经验维修”，已经远远不能适应现代战争的客观要求了。在新的形势下，现代的装备维修既要继承和发扬已有的好经验和好做法，更要运用现代科学技术的理论和手段，深入研究装备的故障模式、故障原因和具体的维修方法与技术，并且日益注重从宏观上去把握维修保障与装备发展之间的关系，研究现代战争对维修保障的要求，从而对与维修保障系统有关的各种复杂因素加以分析、综合、权衡和判断，制定出经济而有效的对策，使装备的维修保障建立在科学的基础上。这就是装备维修工程学要完成的使命。

装备维修工程学是运用现代科学技术研究装备维修保障的工程技术学科。为了叙述的方便，本章从维修和维修保障系统的基本概念入手，依次介绍对维修保障的主要要求，可靠性、维修性和保障性与维修保障的关系，装备维修工程的定义与基本观点，装备维修工程的任务和目标，以及装备维修工程的形成和发展。

第一节 维修和维修保障系统

一、维修和维修的分类

维修 (maintenance) 是装备在储存和使用 (服役) 过程中，使装备保持或恢复其由有关技术文件所规定的状态，以达到预期作战效能所进行的全部技术和管理活动。维修采用什么种类和方法以及其组织形式，取决于人们对维修对象 (装备) 在储存和使用中客观存在 (包括装备自身的故障、战损以及技术状况的变化等) 的认识和科学的决策。

从不同的角度，维修的种类有不同的划分方法。按照维修活动的目的与时机可以划分为：

1. 预防性维修

预防性维修 (preventive maintenance) 是使装备保持在规定状态所进行的全部活动。

^① 为叙述简便，在本书以后内容中简称“装备”。

它可以包括：调整、润滑、定期检查和定期更换等。预防性维修是在故障发生前预先对装备（或部件）进行维修，消除故障隐患，防患于未然。它适用于故障后果危及安全和任务完成或导致较大经济损失的情况。根据人们长期积累的经验，预防性维修可分为定期（时）维修与视情维修两种方式。

（1）定期（时）维修（hard-time maintenance） 在规定的间隔期或固定的累计工作时间的基礎上，按事先安排的计划进行的维修。其优点是便于安排维修工作，组织维修人力和物资。定期维修适用于已知寿命分布规律且确有耗损期的装备。这种装备的故障与使用时间有明确的关系，大部分项目能工作到预期的时间以保证定期维修的有效性。

（2）视情维修（on-condition maintenance） 通过监控掌握装备的状况，对其可能发生功能性故障的项目，作必要的预防维修。视情维修适用于耗损故障初期有明显劣化征候的装备，又需有适当的检测手段。其优点是维修的针对性强，能够充分利用机件的工作寿命又能有效地预防故障。

以上两种预防性维修各有其适用的范围和特点，并无优劣之分。正确运用定期维修与视情维修相结合的原则，可以在保证装备战备完好性的前提下节约维修人力与物力。但由于这两种方式的名称容易引起误解，而且自从“以可靠性为中心的维修”（reliability centered maintenance—RCM）的分析和逻辑决断方法出现以后，使预防性维修的实施具有了更为科学的依据，在维修分析中已改用更加合理的预防性维修工作类型替代（见第六章第三节）。

在使用分队对装备所例行的擦拭清洗、润滑、加油注气等，也是一种预防性维修，通常叫做维护或保养（servicing）。

此外，随着监控手段的进步和信息技术的发展，形成了状态监控维修（status monitoring maintenance），即对一种型号（或一批）装备的总体进行连续监控，通过统计分析，确定该种（批）装备或其某些重要项目的可靠性水平，以判定其是否能够继续使用；如不能满足使用要求，就应进行维修（例如定期更换一批发动机）。状态监控维修的优点是可以充分利用被监控项目的使用寿命，但必须以项目故障不危害装备的使用安全或任务完成为前提。

2. 修复性维修

修复性维修（corrective maintenance）也叫排除故障或故障维修。它是装备（或部件）发生故障后，使其恢复到规定状态所进行的全部活动，它可以包括下述一个或全部活动：故障定位、故障隔离、分解、更换、再装、调校及检测等。

当装备在战斗中遭受损伤或发生故障后所进行的战场修理，虽然也属于修复性维修，但在环境条件、时机、要求和所采取的技术措施上自有其特点，必须给予充分的注意和研究（见第六章第六节）。

3. 改进性维修

改进性维修（modification or improvement）是利用完成装备维修任务的时机，对装备进行经过批准的改进或改装，以提高装备的性能、可靠性或维修性，或使之适合某一特殊的用途。这项工作十分重要，它是维修工作的扩展，实质是修改装备的设计。维修与改进相结合，一般属于基地级修理厂的职责范围。

从不同的角度，维修的种类还有其他的分法。例如按维修对象是否撤离现场可分为

现场维修与后送维修。现场维修是指在装备使用现场或其邻近进行的维修，可减少运送装备延误的时间，特别是靠前抢修可以保证及时修复投入战斗；若不具有在现场进行的人力、物力，则需将装备后送到指定的修理机构进行维修，就叫做后送维修。又例如按是否预先有计划安排，可分为计划维修和非计划维修。通常把有计划的预防性维修叫做计划维修；把不能预先计划、而是根据装备的技术状况和出现的故障随时进行的维修称为非计划维修。

根据各军兵种装备的差异，维修类别还有一些不同的划分，但是以上提到的几种区分则是普遍适用的。

二、维修事件，维修活动，基本维修作业

1. 维修事件

维修事件 (maintenance event) 是由于故障、虚警或按预定的维修计划进行的一种或多种维修活动。

2. 维修活动

维修活动 (maintenance action) 是维修事件的一个局部，包括使产品保持或恢复到规定状态所必须的一种或多种基本维修作业。维修活动一般有：

- (1) 检测 确定装备的技术状况或参数量值。
- (2) 保养 为了保持装备处于规定状态所需采取的维护措施。如润滑、加燃料、加油、清洁等。
- (3) 故障定位 确定故障大体部位的过程。
- (4) 故障隔离 把故障部分确定到必须进行修理范围的过程。
- (5) 拆卸 (分解) 为了便于接近装备的某一部分或便于进行某项维修活动，而拆下装备的若干零部件。
- (6) 更换 将需更换的零部件拆下，安装上替换品。
- (7) 修复 对装备的某些故障零部件所进行的原件加工或其它修复措施，以恢复该零部件的功能(状态)，又称原件修复。
- (8) 再装(结合) 把分解拆下的各件重新组装。
- (9) 调准 对装备内某些不协调情况进行调整校正，使装备恢复到规定的工作状态。
- (10) 检验 (试运行) 为检验维修的效果，保证正常运转时达到规定功能状态而进行的试验。
- (11) 校准 由指定的机构或标准的测量仪器查出并校正仪表或检测设备的任何偏差。

3. 基本维修作业

基本维修作业 (elementary maintenance activity) 是一项维修活动可以分解成的工作单元。例如拆卸某部件时，可以分解为拧下螺钉、卸下箱体、打出销钉等若干基本维修作业。这样做，便于研究操作顺序的合理性和统计维修操作时间。

三、维修保障系统

维修保障系统 (maintenance support system) 由经过综合和优化的维修保障各要素

构成。这些要素有：组织机构、规章制度，人员与训练、物质资源（包括维修和保障设备、工具、检测与诊断设备、维修设施、备件等）以及技术资源（如计算机程序、技术资料与数据等）。针对某种型号装备而言，则把与其有关的各维修保障要素的总体叫做维修保障分系统。

装备是由人设计制造出来的。以往新型装备设计往往偏重于其性能（功能），装备与其维修保障分系统之间缺乏内在联系。新型装备交到部队以后才筹划其维修所需的各种保障要素，应付其出现的各种维修问题，以致于常常形不成战斗力，十分被动。随着战争的客观需求、人们实践经验的积累和现代科学技术特别是高技术的发展，不仅要求设计制造出来的装备具有高超的性能（功能），而且要求装备本身可靠耐用，维修方便，使用安全。越是现代化的装备，对维修保障分系统的依赖也越大。维修保障分系统对装备战斗力的维持和发挥是一个至关重要的因素。对它重要性的认识是通过战争实践得来的。维修保障能力的形成与发展是一项艰苦复杂的工作，关键在于组织与领导、准备和协调、具体的分析和研究。

四、对装备维修保障的主要要求

基于现代战争中高新技术的应用，装备智能化、自动化的程度日益提高，军事活动的空间不断扩大，作战行动异常迅速，武器的火力日趋增强等特点，对装备维修保障的要求也在不断提高，主要要求：

1. 维修保障高效、优质、低消耗

应用高新技术和自动化的装备日趋复杂昂贵，因故障或战损而丧失功能时，由此带来的大量战场抢修和器材备件的供应，是现代维修保障也是未来战争中最麻烦的问题之一。据外军对近期几次局部战争的统计，发现在激烈战斗中，单是机械故障就曾使 27% 的坦克和直升机不能投入使用。即使在平时，对数量庞大的装备的维修保障也需要占用大量的人力物力。因此，必须要求维修保障尽可能做到高效（即保障及时，维修方便迅速）、优质（即维修的质量可靠，不致因维修不当而导致不可靠、不安全）和低消耗（减少维修资源的消耗，节约维修费用，即经济性）。这就首先要求从根本上提高装备的可靠性、维修性和保障性。这是一条通过实践已见成效的出路。它一方面使装备的性能能够得到充分的发挥，以适应未来战争争分夺秒的战斗要求，另一方面则可以大大节约维修资源（包括维修人员）的消耗和维修费用，减轻维修保障的负担，并使维修体制、方式和方法也随之变革，更加科学化。

2. 维修保障的组织随军队作战编成方式的演变而变化

战争史和军事史表明，当某种新的武器形成了一个新的系统并能大量装备部队时，军事家们总是力图找出它的最佳编组形式，它对作战方法所产生的影响，就不仅局限于战斗上，而且必然会影响到战役甚至双方的整个战略行为，传统的战场概念也将引起变化。在未来战场上，军队使用各种先进的侦察手段传输信息、计算机情报分析和自动化火控，几乎能瞬时对敌人进行识别、定位、跟踪、瞄准和射击，运用高效能的火力，击毁已经发现的目标。加上三维空间的战场继续扩大，作战方向飘忽不定，将不大需要面向敌军集中部署大量兵团作战，而代以完全不同于目前的作战编成方式，例如合成中的独立战斗群和快速反应部队。这样也就对装备维修保障的组织编制提出了相应要求，使之适应

于新的作战编成方式,提高独立作业、机动灵活和快速反应的能力,充分贯彻靠前抢修、现场修复为主的原则。

在未来战争中,陆军的陆战范围扩大,陆军将难以独立承担所需要的空中支援、战略机动、空运和海运等任务;独立的空战也将逐渐演变为空军在陆海空作战中都担负着重任等等;这些都要求三军实现战场指挥、控制和通信一体化。外军已有重新编组军种的设想,而三军联勤的计划和实践也必将得到进一步的发展和完善。三军通用装备统一维修的体制将会随之得到确立。

此外,疏散化已经成为一种趋势,不仅作战中兵力兵器的部署日趋疏散化(同时增强其机动能力),而且一些固定的维修机构和作战物资(包括维修资源)仓库的部署,也趋向于疏散化,星点状合理地分布在广阔的后方地域内,并充分利用民间企业的维修力量形成高效率的保障网络。诸如此类的变革将会导致一种全新的维修保障观念和体制。

3. 必须努力提高维修人员的素质

在高新技术条件下,战斗力突出体现在人机系统的质量上。其中人是主体。就装备的维修保障而言,提高维修人员的理论水平、管理和操作能力,使维修由被动维修转变为主动维修,由经验维修转变为科学维修,正标志着人的主体作用逐步得到了发挥。人们不再单纯地根据经验去被动应付,而是依靠科学技术的进步来主动设计、策划和实施装备的维修保障,从而达到更大程度的自由。

战争手段的现代化,对军队要求质量重于要求数量。军事技术和作战方法的变革,总不断地对军队成员的素质提出新的要求。造就高素质的各级维修人员,使其掌握新技术与新知识,并具有高度的政治觉悟、良好的适应能力、应变能力、主动精神与创造精神,这是我军维修人员培训工作应有的战略目标和任务。

本书旨在应用维修工程的理论和方法对装备及其维修保障分系统进行分析研究,使维修保障既能适应在研装备的使用需求与未来战争的特点,又能满足经济高效的要求。对于现役装备的维修保障也可用类似的手段加以改善。

五、可靠性、维修性和保障性的重要意义

上面指出要使维修保障实现高效、优质、低消耗,首先要求从根本上提高装备本身的可靠性、维修性和保障性。实际上,提高装备的可靠性、维修性和保障性还具有更加广泛的重要意义。

可靠性作为一门科学技术是在第二次世界大战后期逐步形成和发展起来的。50年代后期,随着对可靠性研究的深入,对于维修性、保障性的研究也相继提上了日程。在一段时期内,人们曾把维修性和可靠性合称为“广义的可靠性”。其后,对于维修性的深入研究和实践表明,无论是在设计要求、工程应用,还是在研究方法、经济影响等方面,维修性有它本身的许多特点,逐步形成了独立的工程理论体系。维修性虽然从“广义的可靠性”中脱颖而出成为一种设计特性,但是,维修性和可靠性的“亲缘关系”仍然存在,它们不仅在所涉及的理论基础方面有许多相通之处,而且在装备效能的形成过程中,往往是相互影响、相辅相成的。至于保障性则是针对装备保障的需要而提出来的。我国国防科学技术工业委员会军事技术装备可靠性标准化技术委员会已把有关可靠性、维修性和保障性的标准都纳入国家军用标准体系内。1987年颁布了国家军用标准GJB368《装备

维修性通用规范》；1988年颁布了国家军用标准 GJB450《装备研制与生产的可靠性通用大纲》；1992年颁布了国家军用标准 GJB1371《装备保障性分析》。

1. 可靠性、维修性和保障性是影响装备作战能力的重要属性

装备的性能、可靠性、维修性和保障性同属于装备的战术技术特性。其要求值即为战术技术指标。

装备的性能 (performance) (功能)，有时也叫战斗性能、作战性能或使用性能，是装备自身固有能力的质量特性，如威力、射程、精度、机动性等。可靠性和维修性 (reliability and maintainability，简记为 R&M) 是使性能持续和恢复的能力的量度。而保障性 (supportability) 则是系统的设计特性 (与可靠性、维修性等有些程度的重叠) 和计划的保障资源能满足平时战备及战时使用要求的能力。显然，可靠性、维修性和保障性是使性能得以充分发挥的保证。这对军用产品来说，比一般的民用产品具有更高的要求。如果某种装备故障频繁，发生了故障又不易迅速修复，缺乏应有的保障资源，也就失去了战斗力。反之，如果所设计的装备不但性能优越，而且不容易出故障，有了故障又易于迅速修复，有充分的保障资源，那末在作战中通过有效的维修保障，它必能充分发挥其性能，真正具有了战斗力。

由于在现代战争中高新技术的应用，应付敌方迅猛火力突然袭击和进行反击所允许的反应时间都是越来越短的。这就要求我军的装备应经常处于良好的战备状态，即使出现故障，也易于排除，这样才能应付未来战场上瞬息万变的态势。另一方面，在装备的战损率很高的情况下，战损的装备要全靠后方生产来补充，无论在时间或数量上都有极大困难，特别是在战争初期后方动员还没有转入战时体制之际更是如此。这样就须大力组织战场抢修、拆配、回收以及各级备件的储供才能应急。然而要使装备能够随时处于良好的战备状态，且在出现故障或战损后能够迅速修复，这就在极大程度上取决于装备的可靠性、维修性和保障性。如果在设计研制时未把可靠性、维修性和保障性要求设计到装备中去，那么不仅会带来维护不便，故障频繁，修理困难，而且也会使维修保障工作难以事先通盘筹划，以致陷于被动。就以对前方维修人员的补充而言，也会因为修理时要求较高的技术水平，势必延长训练周期，难以满足补充战时减员的需要。

由上可知，可靠性是着眼于最大限度减少故障的一种设计特性，而维修性和保障性则是着眼于以最短的时间、最低限度的维修资源 (人力与技术水平、维修设备与工具、备件、技术资料等) 和最省的费用，使武器保持或迅速恢复到良好状态的另外两种设计特性。因此，维修性和保障性是可靠性的必不可少的补充，三者不可缺一，都是影响战斗力和实现经济而有效的维修保障的先天条件。

美国空军在1985年制订的可靠性与维修性2000年计划中，提出新发展装备的可靠性再提高一倍，维修量减少一半，以进一步提高战斗力，并减少维修人力，降低保障费用等一系列要求。从1991年初的海湾战争来看，这个计划的实施是有效的。例如，其F-15E战斗机出动2200架次，能执行任务率达96%。各类通讯、导航、电子侦察、照相、气象、导弹和预警卫星等可靠地不间断地工作。可见在可靠性、维修性和保障性经过大幅度提高后，显示出了高新技术装备的实战能力和效益。因此，我们必须重视可靠性和维修性以及与之紧密相关的保障性的研究和实践，要有紧迫感和责任感。

2. 改善装备的可靠性、维修性和保障性，有利于减轻后勤负担

不注意提高装备的可靠性、维修性和保障性，不仅会增加维修工作量和保障的负担，而且将进一步导致生产、运输与人员培训的紧张。这种情况在战时尤其容易发生。例如美国在第二次世界大战期间，各种十分复杂的新装备大量出厂，由于那时主要考虑满足战斗性能的要求，所以可靠性低，维修性更差，维修困难，以致难以满足前方的急需，要求后方生产和运送更多数量的装备供应前方，从而增加了生产和运输的额外负担；而当时美国政府和承包厂商都办了不少学校来训练使用人员与维修人员，但培训速度仍难满足需要。

据报道，70年代末原联邦德国军队拥有的装备，其采购价格约值400亿马克，每年必须以相当此数10%的费用用于这些装备的保障，即每年要从国防费用中支付维修费40亿马克，相当于其联邦防御技术和采购局每年开支的一半。我军每年开支的装备维修费用，也极为可观，达数十亿元。近些年来，更有逐年上涨的趋势。

根据国外有关统计，以下各类装备的使用与维修费用（即保障费用）各占其全寿命费用的比例为：

典型战斗机	50%~70%
战 车	80%
驱逐舰	60%~75%

装备的保障费用决定和影响着一个国家用于装备的军费构成比例。例如，美国用于装备的研制费、采购费和保障费用三者之比按财政年度统计如下：

1964 年	1 : 2.1 : 1.6
1972 年	1 : 2.4 : 2.8
1980 年	1 : 2.6 : 3.5

从以上数据可以看出，从60年代中期到80年代初，美军装备的保障费用在年度的装备总费用开支中所占的份额也是随着装备的发展而迅速增长的。这是非常沉重的负担。如果国防预算中用于装备的总费用份额保持不变，那末保障费用的这种上涨趋势表明，要么是削减研制和采购费用而延缓装备的发展和更新，或是因维修费用不敷以致部分或大量装备失修，要么是另辟途径谋求新的出路。事实说明，有效的手段之一，就是提高装备的可靠性、维修性和保障性，从而降低保障费用。美国在这方面采取了强有力的措施，并淘汰了保障费用过高的陈旧装备之后，收到了明显的成效。在1980财政年度后，保障费用比例逐年下降，到1982年已低于采购费。1985年研制、采购和保障费用之比已调整为1:3.1:2.5，增强了装备的更新能力。

3. 可靠性、维修性和保障性是维修保障各项决策的重要依据

根据外军70年代对某些电子装备故障责任分担的统计资料表明：属于设计者为43%，属于生产制造者为20%，属于操作维修不当的为30%，而由于耗损用坏者，仅占7%。这说明，指挥人员、操作人员与维修人员的技术水平固然有很大的作用，但是，可靠性、维修性和保障性很糟的设计将会产生更加严重的影响，并且使得维修保障问题复杂化。它不仅会危及战斗使命和人员与装备的安全，而且也增加了维修人员训练的困难和训练时间，保障设备趋于庞杂臃肿，备件的配置和储存也缺乏充分的依据，诸如此类的问题都会增加保障负担与费用。所以，若在装备研制的初期，就把论证所确定的可靠性、维修性和保障性要求作为设计总方案的组成部分，进行分析和综合权衡，同步作出

有关维修保障分系统的各种决策和计划,使维修保障分系统与该装备匹配,那就可以使维修保障工作由被动变为主动。本书的主要内容就是以可靠性、维修性和保障性为重要依据来作出维修保障的各项决策的(详见第四章至第八章)。

第二节 装备维修工程的基本概念

本节将介绍装备维修工程的定义和装备全系统全寿命过程的观点。

一、装备维修工程的定义

国内外不少资料中,都有关于维修工程的定义或说明,但提法上各有差异,这是在学科发展过程中难免的,为了在诸多的提法中达到共识,下面摘引一些有关维修工程的定义或说明以便分析比较。

- “在装备的方案设计阶段和采办阶段,建立各种方案、准则和技术要求,并在其使用阶段,以通行的方式加以应用与继续发展,保证装备得到及时、恰当而又经济的维修保障”(美国陆军器材部 1975 年出版,航天局编 AMCP706—132《维修工程技术》)。

- “在装备的寿命周期内,应用各种技术、管理技能和力量以保证行之有效的综合保障方案的规划和实施”(见以上同一书的“术语汇编”)。这个定义中出现了“综合保障”字样,但从该书内容看仅限于维修保障。此外,该书中还有“维修工程是维修保障的系统工程”和“维修工程是系统设计和系统保障之间的纽带”的提法。

- “维修工程是把全系统全寿命的观点、整体优化的思想、现代科学的方法及手段(包括计算机的大量应用)用于指导维修保障组织计划与管理的一门新学科”(总后军械部编《军械维修工程》)。

- “装备的维修设计,在美国陆军叫作维修工程,其基本目标是保证新的装备器材便于维修,并及时提供一个经济而又适当的保障子系统。但美国空军维修工程的职能,则偏重于维修保障子系统设计”(航空工程部编《航空维修概论》)。

- “在装备的寿命周期内,应用技术、工程技巧和成果,确保有效的维修大纲的规划和实施”(美国国防部 1988 年出版的 DOD—HD3K—791《维修性设计技术》的“词汇表”)。

- “在型号产品的方案设计阶段和采办阶段制定维修方案、准则和技术要求,为维修工作提供策略指导,并对维修大纲进行技术与管理的指导和评审”(美国格林著《后勤工程》“词汇表”)。

- “维修工程是一门维修性和维修保障管理的科学,它以全系统全寿命的观点和系统工程的方法以及有关的管理手段,同时实现其目标的两个方面:①保证新研制的装备具有良好的维修性;②保证新研制的装备具有一个匹配的维修保障分系统”(海军装备修理部编《舰船装备维修名词术语》)。

尽管在以上的定义或说明内有某些差异,但实质上是相近的。可以看出:

- a. 研究的对象是装备有关维修的特性和维修保障分系统;
- b. 研究的目的(或目标)都是要使维修保障有效而经济;
- c. 研究的范围是对装备的可靠性、维修性与保障性要求,维修保障分系统的总体设

计和宏观决策及管理；

d. 应用系统工程的理论和方法以及其他有关的技术作为研究手段；

e. 强调维修工程贯穿装备的全寿命过程，但重点在装备寿命周期的前期（方案设计和研制阶段）。

根据以上对各个定义或说明的分析比较，结合我军目前应用维修工程的具体情况，并参照《中国军事百科全书》（军事科学出版社 1992 年出版）的有关条目，本书对装备维修工程的定义如下：

“装备维修工程（maintenance engineering）是装备维修保障的系统工程。装备维修工程应用装备全系统全寿命过程的观点、现代科学技术的方法和手段，优化装备的维修保障总体设计并进行宏观管理，使装备具有良好的有关维修的设计特性，并与维修保障分系统之间达到最佳匹配与协调，以实现及时、有效而经济的维修”。

装备维修工程和维修保障分系统研制的关系可以同装备系统工程和装备各功能分系统研制的关系相比拟。装备系统工程建立总的装备设计方案（例如设计原理和总体结构等）、性能要求以及系统各个功能要素之间的相互关系，至于具体的设计（例如机械系统、电气系统、液压系统等设计）则由其他具体的设计工程来完成。同样，装备维修工程建立维修保障的总体设计（例如提出可靠性、维修性与保障性要求，维修方案，策略等）、保障资源的要求以及维修保障分系统及其各要素之间的相互关系，至于这些资源和要素的具体计划和筹措，则由有关的职能部门来完成。所以在这个意义上，可以说装备维修工程是装备维修保障的系统工程。

装备维修工程代表的是军方（用户）的需求，它通过管理职能提出可靠性、维修性和保障性等要求来影响承制方的装备设计，并根据装备设计协调和确定对维修保障分系统及其各要素的要求，实现维修保障高效、优质、低消耗的目标。因此，装备维修工程是装备设计和维修保障分系统之间的纽带。

二、装备全系统、全寿命过程的观点

装备全系统、全寿命过程的观点，是装备维修工程的基本观点，是装备维修工程工作的着眼点。

1. 装备全系统的观点与整体优化

国家军用标准 GJB451—90《可靠性维修性术语》对系统的定义如下：“能够完成某项工作任务的设备、人员及技术的组合。一个完整的系统应包括规定的工作环境下，使系统的工作和保障可以达到自给所需的一切设备、有关的设施、器材、软件、服务和人员”。

可以看出，这个定义是指某种型号装备而言的，它适用于包括本书研究的对象装备维修保障分系统在内的装备系统。装备全系统的观点，就是要把装备的各种特性和所有的组成部分作为一个系统来加以研究，弄清它们之间的相互联系和外界的约束条件，通过综合权衡，密切协调，谋求系统的整体优化。

前面已经提到装备维修工程是装备维修保障的系统工程，也就是说要在系统论的思想指导下，运用系统工程的技术和方法来处理日趋复杂的装备的维修保障问题，从宏观上作出有关的各项重要决策。这样，就与过去单一注重战斗性能的设计有着很大的差别。