

火炮系统任务执行能力仿真评估

王 乾^{1a}, 张 炜^{1b}, 李 江²

(1. 装备学院 a. 研究生管理大队; b. 装备指挥系, 北京 101416; 2. 71566 部队, 河南 洛阳 471800)

摘要: 装备任务执行能力很大程度上决定着作战任务完成能力, 由于其影响因素众多, 用传统的解析法对其进行评估, 往往达不到效果。基于仿真的装备任务执行能力评估方法, 可借助概率化的数学工具, 充分考虑装备结构可靠性、维修保障系统及作战训练的影响, 抽象出影响装备任务执行能力的关键因素, 对保障资源的合理配备提出优化建议, 并以某型火炮系统为例对该方法进行了验证。

关键词: 火炮系统; 任务执行能力; 仿真评估

中图分类号: E92

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2013)07-0025-05

Simulation Evacuation Research on Cannon System Mission Implementation Capability

WANG Qian^{1a}, ZHANG Wei^{1b}, LI Jiang²

(1. a. Company of Postgraduate Management; b. Department of Equipment and Command, The Academy of Equipment, Beijing 101416, China; 2. 71566 Troops, Luoyang 471800, China)

Abstract: The accomplishment capability of military task is mostly determined by the mission implementation capability of equipment. It is affected by so many factors that it cannot be evacuated very well by the traditional analytical methods. The simulation evacuation method on equipment mission implementation capability takes the reliability of equipment, maintenance support system and the influence of operations and practices into consideration. It can abstract the key factors with the mathematics tools and give some rational optimized advises on the support resources' allocation. It is tested and verified with the example of cannon system.

Key words: cannon system; mission implementation capability; simulation evacuation

装备任务执行能力的高低直接影响部队的战备训练水平。装备任务执行能力主要取决于装备自身性能和维修保障系统的保障效能等因素。对装备系统进行科学合理的评估, 既是平时全面了解掌握部队装备维修保障能力的重要手段, 也是降低保障费用、提升保障效益的主要途径, 更是依据保障能力合理配备保障力量、提升任务执行能力的重要依据。

备系统, 是包括使用与维修保障人员在内的能完成特定任务的有机整体(图1)。对某型火炮维修保障能力进行评估, 包括对火炮主装备自身性能及其保障系统的评估。

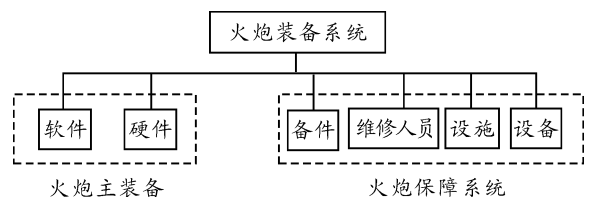


图1 火炮装备系统构成

1 火炮系统分析

火炮与其保障系统所构成的一个系统即为某型火炮装

某型火炮由 15 大部份组成(图 2),每个部分都由可修复或可更换的部件组成。平时,火炮主要担负训练任务,包括日常训练、演习训练和实弹射击任务,在训练中,由于环境影响、使用磨损消耗以及管理等因素,火炮产生各类故障,影响火炮任务执行能力。当火炮发生故障,为确保其正常工作,就需要对故障件进行维修或更换。通过对一段足够长的时间内部件消耗的记录数据进行统计分析,获得每个消耗部件的平均故障率,在此基础上,可以利用仿真的方法建立起火炮各部件的未来损耗规律。

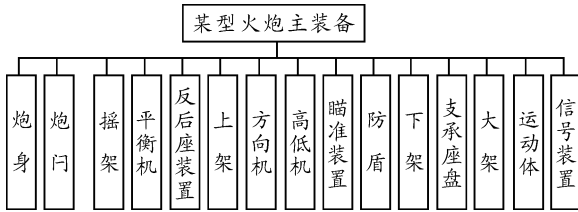


图 2 某型火炮主装备系统构成

火炮保障系统的基本任务是在掌握和分析装备技术状况以及各种维修资源状况的基础上,根据担负任务,制定装备维修管理的规划、计划,组织维修设施、设备、备件等维修器材的筹措、储存和供应工作,并组织维修专业训练,对装备进行维修保养,提高其战备完好水平和任务执行能力。某型火炮维修实行基层级、中继级和基地级 3 级维修作业^[2],各级维修站点都包含一定的维修资源,具体包括维修人员、维修设施、维修设备和备件等。基层级维修主要完成规定的小修和换件修理任务;中继级维修主要完成中修及支援基层级维修任务,并可完成所有的基层级维修任务;基地级可完成大修及支援下级维修任务,向下级提供备件供应,并可完成下级的所有维修任务。当下级保障系统的维修资源不能满足维修任务时,交由其上一级处理该维修任务。

2 仿真评估流程设计

仿真以动态蒙特卡洛和排队论为基础,依据装备系统使用剖面对执行任务的方案进行仿真,主要着眼于系统的保障性、维修性以及保证系统在有限条件和维修资源的情况下完成规定任务剖面的能力,其基本假设是:系统维修的大部分活动是对故障部件的替换。

在对装备结构、保障系统、使用任务和维修活动进行建模的基础上,依据装备失效率分布函数,对装备故障时间随机抽样,建立未来时间表,进行事件排序;然后将仿真时间推进到故障事件发生时间,按步骤处理故障事件,包括维修策略、资源调配、维修作业、备件供应等,并记录相关数据,直至满足仿真停止条件,最后对仿真过程数据统计分析,得到相关分析结论。仿真流程如图 3 所示。

3 评估模型构建

对评估对象进行模型构建是进行仿真评估的基础。构

建评估模型主要包含装备结构建模、保障系统建模、使用任务建模和维修保障活动建模^[3]。

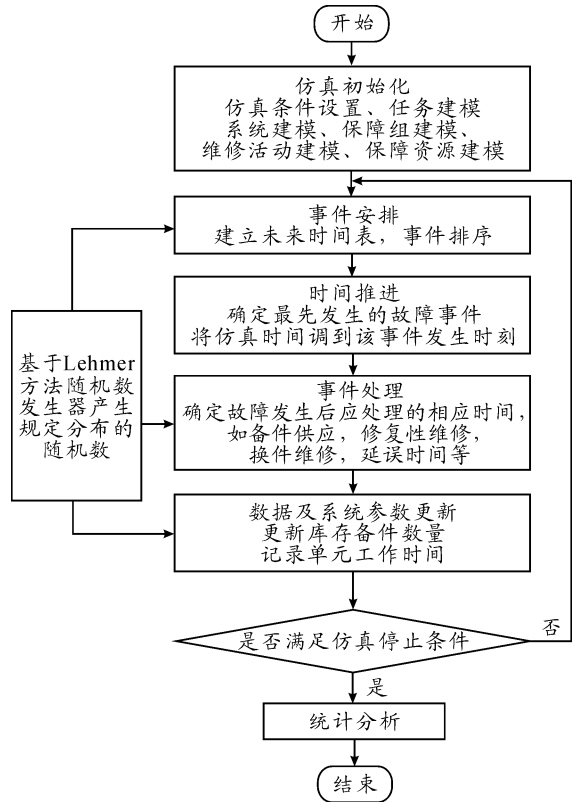


图 3 仿真运行流程

3.1 装备结构建模

装备结构模型描述装备与各功能单元的层次关系,包括单元间的从属关系和单元数量,以产品树的形式进行描述(如图 4)。每个系统都是由许多可更换产品组成,包括可修和可更换单元,每个产品又是由更小的可更换部件组成,这样分解下去可以定义出一个完整的系统层次结构。模型中将部件分为外场可更换单元 LRU、内场可更换单元 SRU 和可废弃单元 DU,其中,LRU 在系统中可更换、可修复,SRU 在可修复单元中可修复可更换,DU 在系统中不可修复。

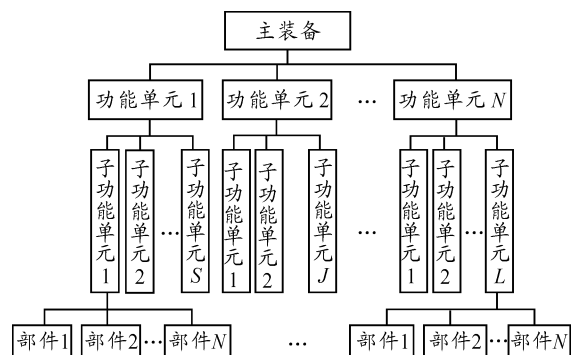


图 4 主装备结构树

3.2 保障系统建模

装备保障系统模型描述装备保障机构的组成、位置、保

障资源数量、种类及配置、备件库存、保障关系、保障规则等,其保障系统保障流程构成如图5所示。对装备使用分队,应描述装备种类、数量等;对维修机构,应描述其所承担的维修工作范围、资源需求和工作时间分布,以及与使用分队的保障关系及故障装备维修的排队规则;对于备件供应单位,必须描述清楚备件的品种、数量、库存控制模型、供应保障的排队规则等。

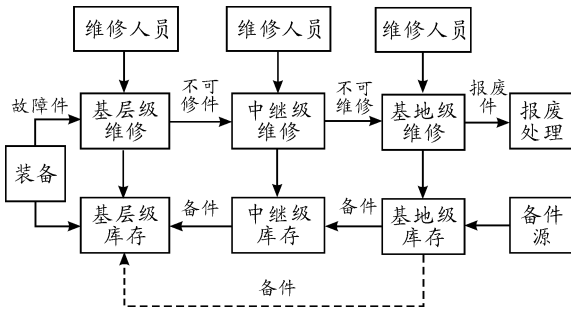


图5 某型火炮维修保障系统保障流程

3.3 使用任务建模

装备在任务的执行过程中将产生维修任务。任务剖面为装备在完成规定任务这段时间内所经历的事件和环境的时序描述,其中包括任务成功或故障的判断准则。任务周期(图6)以任务作业区域思想为基础,任务周期可以划分为出发、工作、返回3个阶段。一个任务总是从出发阶段开始,到达作业区域,然后进入工作阶段,直到返回基地为止。

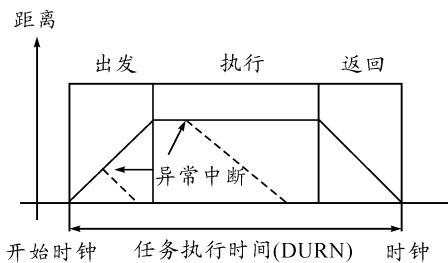


图6 任务周期

装备使用任务以作战单元为单位,根据任务执行剖面执行。作战单元中系统的数量和种类达到任务要求,则启动任务,在任务执行过程中(图7),可能发生故障和损伤,或者在任务结束后,系统被送到中转站进行检修,故障的系统被送去维修,按维修作业步骤进行。没有故障的系统,返回作战单元,等待下一次任务。

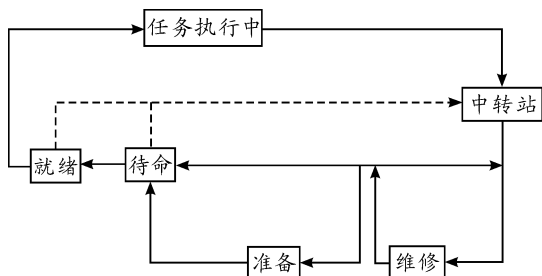


图7 任务过程

3.4 维修保障活动建模

对维修保障活动进行建模,是将保障装备的使用与维修工作区分为各种工作类型和分解为作业步骤进行详细分析,以确定工作频度、工作间隔、工作时间,需要的备件、保障设备、保障设施、技术资料,各维修级别所需的人员数量、维修工时及技能等要求。保障活动包括预防性维修和修复性维修。

1) 预防性维修:通过对装备的系统检查和检测,发现故障征兆并采取维修措施以防止故障发生,使其恢复和保持规定功能和状态所进行的全部技术和管理活动,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^[4]。预防性维修活动与任务数量、任务时间、日历时间参数有关。

2) 修复性维修:装备出现故障或损伤后,为使装备恢复规定功能和技术状态所进行的全部技术和管理活动,包括故障定位、故障隔离、部件分解、零件更换、组装调准、技术检验等技术工作^[4]。修复任务可以通过更换子产品进行修复,也可以直接对系统或产品进行修复。

4 仿真实例验证

4.1 想定描述

以摩步师某炮兵团为例,该团配置某型火炮36门,平均分配至6个连队,平时主要担负训练任务,包括班排阶段训练、营连阶段训练和演习阶段训练任务,其保障系统包含基层级、中继级和基地级3级保障系统,以满足火炮执行任务的需求。

4.2 仿真模型实例

4.2.1 某型火炮结构模型

某型火炮结构模型的信息主要包括部件编码、部件名称、部件类型、部件单机安装数、故障率等信息。

表1 火炮结构模型

级别	序列号	类别	单装数	故障率
0	2401	系统	1	
1	1	子系统	1	
2	23310250	DU	1	49.260 3
.....

4.2.2 保障系统模型

某型火炮保障系统包括军区修理厂、师修理营和团修理所。表2、表3、表4分别从保障机构、保障资源和维修备件方面对某型火炮装备维修保障系统进行建模。

表中:WS为可维修产品,无备件;DEPOT为可维修产品,有备件;OP为无备件,无维修资源。

表2 维修保障系统模型

名称	级别	类型	职能
军区修理厂	基地级	WS	大修,向下级供应备件
师修理营	中继级	DEPOT	中修、小修、支援维修
团修理所	基层级	DEPOT	中修、小修及大部分 维修任务

表3 维修资源模型

资源名称	部署站点	资源类型	资源数量
火炮修理工	团修理所	人	4
维修设备单元	团修理所	设备	1
.....

表4 库存方案及订购模型

部件编码	站点名称	库存量	订货量	订货周期
23310050	团修理所	3	10	300
23310090	团修理所	7	10	300
.....

4.2.3 使用任务模型

表5、表6对火炮装备年度训练任务进行建模,描述了某型火炮装备使用任务名称、满装备数、最小装备数、任务开始时间、任务次数、任务持续时间、装备配置信息、任务故障率影响因子等信息。

表5 任务类型信息

基本任务	满装备数	最小装备数	故障率因子
专业协同	6	4	1.5
战术训练	6	4	1.8
综合演练	6	4	1.9
.....

表6 任务剖面信息

子任务剖面	开始时间	次数	持续时间	允许延误时间
专业协同	2888	16	672	24
战术训练	3608	6	336	24
综合演练	3944	1	15	3
.....

4.2.4 保障活动模型

表7为预防性维修模型,表8、表9为修复性维修模型。主要描述了维修活动的维修对象、维修站点、维修时间以及维修间隔期等信息。

表7 预防性维修模型

对象	时间	维修站点	间隔期	子级编码	更换量
炮门	1.0	团修理所	7	23310050	1
大架	0.8	团修理所	7	23312870	1
下架	0.8	团修理所	7	23313100	1
.....

表8 维修资源需求

维修工作名称	资源名称	资源数量
炮身维修	枪械修理工	1
炮身维修	武器修理车	1
炮身维修	维修设备单元	1
.....

表9 修复性维修部件更换信息

父级编码	子级部件编码	更换时间	子部件更换任务
1	24010030	0.5	炮身维修
2	23310050	0.5	炮门维修
3	23311260	0.2	复进机维修
.....

4.3 仿真结果分析

任务执行能力为仿真输出结果,任务执行能力是指装备或武器系统在规定条件和规定的时间内,成功完成规定任务的能力,可以用装备系统的使用可用度 A_o 度量,即系统完好,能在某种作战环境下,满意地运行的预期百分数,用下式表达^[5]:

$$A_o = \frac{T_U}{T_U + T_D}$$

式中: T_U 为装备能工作时间,为系统能运行的时间,包括待命、关机期间,或者在允许停机时间内,能进入运行状态的时间; T_D 为装备不能工作时间,包括由一次致命性(任务中断)或一次重大(任务降级)故障,系统不能应召完成其任务期间的的时间。

图8为任务执行能力随时间变化状况,图9为任务执行能力总体状况,由图可知,想定条件下,36门火炮需完成训练任务总量为26 496 h,已完成任务量为20 366 h,未完成任务量为6 130 h,其装备使用可用度即任务执行能力为0.77。

装备任务执行能力由装备状态决定,我们最关心的是不可用装备的数量及原因。图10显示了任务执行过程中装备状态的平均水平,其中不可用装备状态包括等待备件、等待资源、修复性维修、预防性维修和转移/报废几种情况。图11反映了不可用装备数量总体情况,装备不可用的主要原因为等待备件,即备件的库存和订货方案不能满足当前任务想定,通过修改备件库存方案和订购策略,可提高装备任务执

行能力。其他问题的解决,可通过重新配置维修力量、调整设施设备等实现。

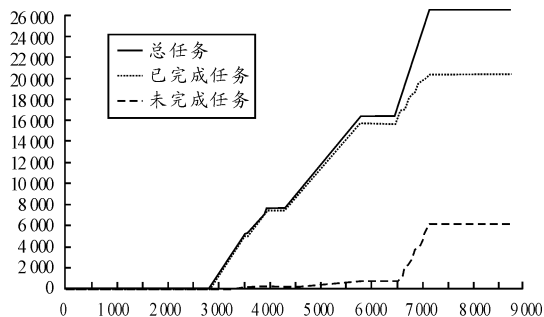


图8 任务执行能力随时间变化状况

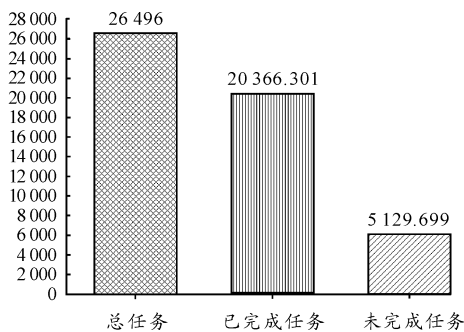


图9 任务执行能力总体状况

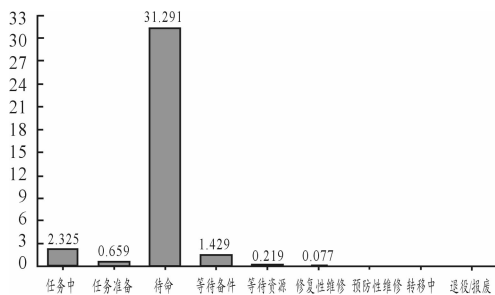


图10 装备状态

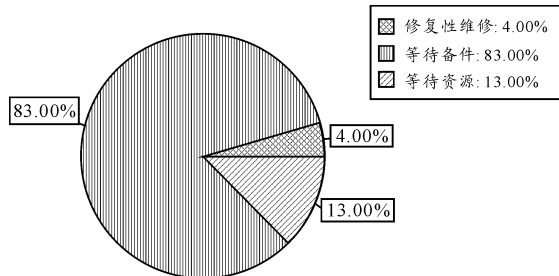


图11 不可用装备数量总体情况

5 结束语

本文提出了装备任务执行能力仿真评估方法,在分析仿真原理和设计仿真流程的基础上,结合火炮的训练任务,建立评估模型,并运用实例对其进行了验证。该方法可为部队掌握维修保障系统维修保障能力,优化配置保障资源,降低维修保障费用,依据具体任务制定科学合理的保障方案提供辅助决策,有一定现实意义。

参考文献:

- [1] 徐宗昌,黄益嘉,杨宏伟. 装备保障性工程与管理[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- [2] 白文瑞. 炮兵部队装备管理概论[M]. 长沙:国防大学出版社,2011.
- [3] 韩坤,王胜德,邹雷. 装备维修保障仿真建模研究[J]. 装甲兵装备技术研究,2010(3):41-44.
- [4] 蒋跃庆,黄益嘉,崔向华,等. 中国军事百科全书军事装备保障[M]. 第2版. 北京:中国大百科全书出版社,2006.
- [5] 毛炳祥,白桦,程文鑫,等. 系统战备完好性分析、计算与检测[M]. 北京:国防工业出版社,2012.

(责任编辑 杨继森)

(上接第10页)

参考文献:

- [1] 符文星,于云峰,黄勇,等. 精确制导导弹控制系统仿真[M]. 西安:西北工业大学出版社,2010.
- [2] 符文星,彭勤素. 程控试飞器半实物仿真系统研究[J]. 固体火箭技术,2009,32(2):127-130.
- [3] 伍智锋,唐硕. 武器系统分布仿真研究[J]. 系统仿真学报,2001,13(2):244-246.
- [4] 苏建刚,付梦印. 激光末制导炮弹半实物仿真系统[J]. 系统仿真学报,2006,18(9):2469-2472.

- [5] 单家元,孟秀云,丁艳. 半实物仿真[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
- [6] 孟秀云,刘藻珍,王肇敏,等. 制导航弹半实物仿真系统误差分析与建模[J]. 计算机仿真,2002,19(2):7-9.
- [7] 路引,王道波,徐扬,等. 基于DSP的双发无人靶机飞控系统[J]. 四川兵工学报,2011(12):42-45.
- [8] 谷新宇,李宗伯. 基于双DSP架构的微小型无人机飞行控制系统[J]. 兵工自动化,2010(8):79-84.
- [9] 孔德永. 鱼雷武器控制系统半实物仿真系统设计与实现[J]. 四川兵工学报,2012(6):1-5.

(责任编辑 周江川)