

12-12-2019

Equipment Assignment and Supporting Efficiency Evaluation Based on Simulation

Lingwei Li

Equipment Support and Remanufacture Department, Army Academy of Armored Force, Beijing 100072, China;

Wang Bing

Equipment Support and Remanufacture Department, Army Academy of Armored Force, Beijing 100072, China;

Junhai Cao

Equipment Support and Remanufacture Department, Army Academy of Armored Force, Beijing 100072, China;

Zhang Lei

Equipment Support and Remanufacture Department, Army Academy of Armored Force, Beijing 100072, China;

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Equipment Assignment and Supporting Efficiency Evaluation Based on Simulation

Abstract

Abstract: This paper studies an efficiency evaluation problem of equipment assignment policy (EAP), based on simulation modeling and analysis. *Concept models of the life-cycle, operation preparing, training tasks, assignment and maintenance of equipment are presented. And mathematical models of the efficiency measures of EAP is established. Procedure simulation models based on flowchart is presented. The simulation models by C++ programming language is implemented. An example is designed and simulated. Time-varying data and evaluations of the EAP efficiency measures are also shown.* The results show that this methodology can perform a comprehensive modeling and simulation for EAP, and multiple efficiency measures of EAP can be evaluated.

Keywords

equipment support, equipment assignment, support efficiency, simulation evaluation

Authors

Lingwei Li, Wang Bing, Junhai Cao, Zhang Lei, and Shen Hong

Recommended Citation

Li Lingwei, Wang Bing, Cao Junhai, Zhang Lei, Shen Hong. Equipment Assignment and Supporting Efficiency Evaluation Based on Simulation[J]. Journal of System Simulation, 2019, 31(9): 1747-1754.

基于仿真的装备动用与保障效能评估

李羚玮, 王兵, 曹军海, 张磊, 沈洪

(陆军装甲兵学院装备保障与再制造系, 北京 100072)

摘要: 研究了装备动用策略的保障效能评估问题, 采用的手段是仿真建模与分析。建立了装备的生命周期、战备、任务、动用与维修的概念模型。给出了装备动用策略的保障效能指标, 并建立了数学模型。根据问题以流程为中心的特点, 建立了基于流程图的仿真模型。使用 C++ 语言编程实现了仿真模型, 并针对一个案例开展了仿真, 揭示了各效能指标在仿真期内的动态变化过程和评价。结果表明, 该方法能对部队装备动用策略和相关要素开展完整的建模与仿真, 并能够对多个效能指标开展全面而有效的分析。

关键词: 装备保障; 装备动用; 保障效能; 仿真评估

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2019) 09-1747-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.19-0398

Equipment Assignment and Supporting Efficiency Evaluation Based on Simulation

Li Lingwei, Wang Bing, Cao Junhai, Zhang Lei, Shen Hong

(Equipment Support and Remanufacture Department, Army Academy of Armored Force, Beijing 100072, China)

Abstract: This paper studies an efficiency evaluation problem of equipment assignment policy (EAP), based on simulation modeling and analysis. *Concept models of the life-cycle, operation preparing, training tasks, assignment and maintenance of equipment are presented. And mathematical models of the efficiency measures of EAP is established. Procedure simulation models based on flowchart is presented. The simulation models by C++ programming language is implemented. An example is designed and simulated. Time-varying data and evaluations of the EAP efficiency measures are also shown.* The results show that this methodology can perform a comprehensive modeling and simulation for EAP, and multiple efficiency measures of EAP can be evaluated.

Keywords: equipment support; equipment assignment; support efficiency; simulation evaluation

引言

装备动用, 是指为达到一定的军事目的而改变装备的静止状态的过程, 是装备日常管理的重要内容之一^[1]。装备动用的实质是: 在现行装备管理法

规制度约束下, 以满足部队年度训练任务要求为牵引, 主要根据装备的摩托小时储备等技术状态信息, 按照一定的策略确定每个任务动用哪几台装备, 从而决定每台装备的摩托小时消耗速率和开展预防性维修的时间。

装备动用一方面为作战、训练任务的完成提供装备, 另一方面牵头主导了整个装备保障工作, 直接决定了装备预防性维修的开展时间, 以及备件器材保障的时间和数量等。所以, 装备动用策略与训练任务、装备摩托小时、战教区分制度、区分动用



收稿日期: 2019-07-20 修回日期: 2019-08-02;
作者简介: 李羚玮(1982-), 男, 瑶族, 广西桂林, 博士, 讲师, 研究方向为装备保障与系统仿真; 王兵(1975-), 男, 湖南岳阳, 硕士, 副教授, 研究方向为装备保障大数据; 曹军海(1972-), 男, 陕西西安, 博士, 副教授, 研究方向为装备保障仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 1747 •

制度、预防性维修制度、故障检修活动等因素彼此制约和影响, 复杂度较高^[2]。如果装备动用策略不合理, 则可能导致装备不能形成梯次储备, 进而使得预防性维修的工作量分布不均匀, 导致大量装备同时在修, 部队可用装备减少和装备完好率^[2]下降。

我军的装备动用管控的做法源于前苏联^[3], 而理论研究则比较少。刘宏祥等^[4]提出在装甲装备动用管理中应用目标管理, 其不足在于只有定性要求, 没有提出可行的效能指标量化计算手段。任利等^[3]提出战备车要适当动用, 动用策略要使摩托小时储备形成合理的梯次。马绍民等^[5]提出装备修理后应开展一定时间的考核性动用, 以及长时间储备的战备车要开展月定期发动。梅国建等^[6]针对装备临近退役的特殊需求, 提出了对应的动用模型。周云彦等^[7]提出了一种面向梯次储备生成的动用策略。以上 4 个工作的特点是注重研究装备动用某一个方面的特殊简化问题, 从而能给出一些简单的数学模型, 另一方面却忽略了装备任务、装备摩托小时储备、教练车区分动用、战教区分、装备修理等诸多不可分割的全面因素的影响, 特别是无法给出在修数量、教练车储备小时均匀度和装备完好率等保障效能指标在任意时刻的分布情况和评价价值。

综上所述, 在装备保障中处于牵头地位的动用策略的理论研究工作较少, 特别是有因素考虑不全, 效能评估量化手段不够的问题。为此, 本文开展基于仿真的装备动用策略保障效能评估研究, 该研究将会对全面的问题要素建立模型, 并对多个保障效能指标开展仿真评估。

1 模型建立

1.1 装备生命周期模型

文献[8]中, 装备生命周期的主要活动节点如图 1 所示。

装备生命周期从新车或者大修车开始。新车或者大修车一般作为战备车(虚线区域), 一旦因特殊原因和演习动用消耗低于战备储备下限, 战备车就

转为教练车(点划线区域), 用于保障日常军事训练任务。当装备开机消耗的摩托小时(或累计行驶里程, 以下只考虑摩托小时)到达开展大修、中修和小修的时机时, 就开展相应的维修活动。

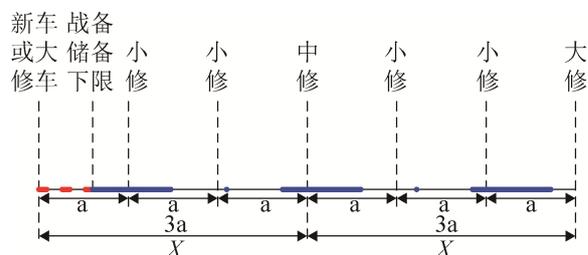


图 1 装备生命周期的主要活动节点
Fig. 1 Main activity points of equipment life cycle

1.2 装备动用与维修建模

装备动用与装备的战备、任务、维修等工作彼此关联, 牵涉面广, 复杂性很高。概念建模的目标是抽取实际问题中对于装备动用仿真和保障效能评估有较大影响的关键因素, 并作合理的简化假设, 使之兼具贴近实际和容易计算的特点。以下以装甲装备为对象分别阐释装备任务、战备、动用和维修的模型与假设。

(1) 装备任务模型

部队按照大纲要求和部队实际情况制定年度军事训练计划, 该计划可最终细化到每一个学时的训练科目和内容。所以, 在军事训练计划的基础上, 将动用装备的科目筛选出来, 则不难得到装备任务。对于装备任务, 本文采用一个三元组来表示 $\langle \text{date}, n_v, h_v \rangle$, 其中 date 表示日期, n_v 表示出车数量, h_v 表示出车时间, 值得注意的是 h_v 可以根据科目性质适当折算。

(2) 装备战备模型

按规定, 部队需要保有比例为 P_S 的战备车, 战备车一般只有月定期发动或者某些特殊任务时动用^[3]。新车或者大修车一般作为战备车, 一旦储备小时因动用消耗低于战备储备标准下限, 该战备车就转为教练车。另外, 如果有新车或者大修车归建造成战备车比例超出 P_S , 那么将储备摩托小时

最少的战备车转为教练车。

(3) 装备动用模型

装备任务一般只动用教练车。教练车按照储备摩托小时从低到高排序,分为重点用车(占比 $P_{重点}$)、一般用车(占比 $P_{一般}$)和控制用车(占比 $P_{控制}$)^[7]。为了使用车既有重点针对性,又有一定的均匀性,本文设计了一种基于工分制的教练车动用策略。每次任务下达时,都将所有教练车按照累计工分从小到大次序排序,依次动用执行任务。重点用车、一般用车和控制用车每动用 t_m 小时,将分别累计 $t_m \times S_{重点}$ 、 $t_m \times S_{一般}$ 和 $t_m \times S_{控制}$ 的工分,其中 $S_{重点} < S_{一般} < S_{控制}$ 。该策略可以确保重点用车的动用消耗最高,一般用车的动用消耗次之,控制用车的动用消耗最低。

另外,对于个别大型装备任务,如果教练车不足则还可动用战备车。按照储备摩托小时从小到大的排序,储备摩托小时小的战备车优先动用。

(4) 装备维修模型

存在两种装备修理活动:预防性维修和修复性维修。预防性维修是定时开展的计划性维修,按照修理的范围和内容不同,分为大修、中修、小修^[1]。根据相关规定,修理机构需要在一定的时间限制内完成修理,分别记为 $T_{大}$ 、 $T_{中}$ 和 $T_{小}$,本文假设均为确定值。

修复性维修是装备故障后开展的维修。本文假设每台装备每个动用小时故障的概率为 λ 。某一天执行时间为 t_m 的任务后,装备需要检修的概率为 $P_{检}(t_m) = 1 - (1 - \lambda)^{t_m}$ 。检修的完成时间有规定要求,本文假设为确定值 $T_{检}$ 。

1.3 装备保障效能评价指标建模

装备动用策略的好坏可用装备保障效能评价指标来度量。综合考虑装备的主要职能(战备、训练)和主要利益相关方(管理者、使用者、修理者),我们认为需要考虑以下几个指标,分别是:装备可用度、战备完好度、训练完好度、在修数量和教练车储备小时均匀度。以下分别介绍各个指标的

定义。

(1) 装备可用度

装备可用度是部队装备保持良好状态和随时可出动能力的度量指标,是传统意义上的“可用度”指标。记某时刻 t 保持良好状态且可动用的装备数量为 $N(t)$,则时刻 t 的装备可用度记为 $P_{可用}(t) = N(t)/N$,其中 N 表示部队装备总数, $N(t) = N - N_{在修}(t)$, $N_{在修}(t)$ 表示 t 时刻所有在修装备的总数。

(2) 战备完好度

战备完好度是部队装备战备工作好坏,以及装备用于保障作战需求的能力的度量指标。部队需要保有一定比例 P_S 的战备车,记为 $N_S = N \times P_S$ 台。假设某时刻 t 保持良好状态且可动用的战备车的数量为 $N_{战备}(t)$,则时刻 t 的战备完好度记为 $P_{战备}(t) = N_{战备}(t)/N_S$ 。

(3) 训练完好度

训练完好度是部队装备保持良好状态,以及装备用于保障平时训练的能力的度量指标。记教练车标准数量为 $N_T = N - N_S$ 台。假设某时刻 t 保持良好状态且可动用的教练车的数量为 $N_{训练}(t)$,则时刻 t 的训练完好度记为 $P_{训练}(t) = N_{训练}(t)/N_T$ 。值得注意的是,由于动用战备车导致战教转换,可能使教练车的实际数量多于标准数量 N_T ,从而使 $P_{训练}(t) > 1$ 。

(4) 在修数量

在修数量的分布决定了故障装备能否得到及时和高质量的维修。如果维修任务分布不均,有的时段没有送修,有的时段短期大量送修,超过修理机构容量,就会造成故障装备排队等待和修理机构过于繁忙。记一段时间 $[t_1, t_2]$ 新产生的 M 类型的修理任务量为 $D_M(t_1, t_2)$,其中下标集 M 包括检修“检”、小修“小”、中修“中”和大修“大”。在此基础上,定义 t 时刻修理机构 F 的在修数量为 $N_F(t)$,其中下标集 F 包括小修机构“小”、中修机构“中”和大修机构“大”。注意到本文假设修理时间是固定值,且小修机构也负责检修,得 $N_{小}(t) = D_{小}(t - T_{小}, t) + D_{检}(t - T_{检}, t)$ 、 $N_{中}(t) = D_{中}(t - T_{中}, t)$ 和 $N_{大}$

$(t)=D_{天}(t-T_{天}, t)$ 。

(5) 教练车储备小时均匀度

该指标反映了部队教练车的摩托小时自小到大排序后呈现“均匀梯次”的健康配置的程度。均匀梯次配置是确保均匀送修和收支均衡的重要保证。当前，教练车储备小时均匀度一般停留在定性阐述和要求上，没有度量指标。为此，本文基于文献[9]的有限集点分布均匀性的度量方法，提出一种储备小时均匀度的计算指标，其公式为

$$U(X(t)) = S(X(t)) / \sup_{x \in [0, X_{\max}]} \min_{1 \leq k \leq N_{\text{训练}}(t)} |x - x_k(t)|$$

式中： $X(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{N_{\text{训练}}}(t))$ 是 t 时刻所有教练车的剩余寿命升序组成的向量，即 $x_1(t) \leq x_2(t) \leq \dots \leq x_{N_{\text{训练}}}(t)$ ， X_{\max} 是发动机的初始寿命， $S(X(t))$ 是 $X(t)$ 的样本标准差， \sup 是函数上界算子。 $U(X(t))$ 的值越大，则均匀度越好。

2 仿真模型设计

为了使概念模型便于计算机实现，还需建立仿真模型。仿真模型的设计范式主要包含 3 类，分别是结构化设计、面向对象设计和基于 Agent 的设计^[10]。本文研究的动用问题主要聚焦于装备动用、使用、维修和战备等业务流程，过程线索明确，适合用结构化设计中的以过程为中心的设计方法。该方法按照自顶向下和流程模块逐级细分的思路，建立直接可用于指导计算机语言编程的流程图模型。

2.1 仿真主程序

从图 2 可以看出，仿真主逻辑是按照时间推进的，而且每次循环的推进步长为一天。通过后续的实验可以看出来，这个简单的仿真内核就完全能满足本文的仿真需求。图 2 中的“B 修理返回更新”和“C 日任务指派”是两个较为复杂的核心模块，其细节将在 2.2 节和 2.3 节详述。

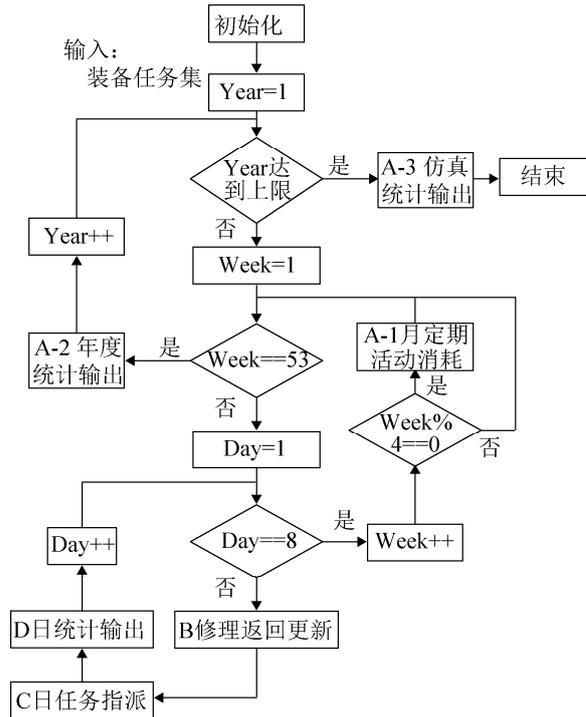


图 2 主程序流程图

Fig. 2 Flowchart of the main procedure

2.2 修理返回更新模块

在每一天的开始，首先要开展当天的装备修复归队活动。根据第 1.2 节建立的概念模型，有大修、中修、小修和检修 4 类修复活动。每一种修复活动的涵盖内容如图 3 所示。值得注意的是，其中的若干模块有相同的标号，这表示相同的子过程(或叫函数)在不同的位置被调用。

2.3 日任务指派模块

本模块完成任务的装备指派仿真，如图 4 所示，主要功能包括：(1) 检查每个装备是否需要送修，分别送出大修、中修和小修；(2) 根据任务时长随机产生检修车；(3) 对于接受任务的装备，开展相应的摩托小时消耗和累计工分增长等操作。

值得注意的是，图 4 中“C-9 战备车任务指派”是一个复杂度较高的大型模块。C-9 可看作本模块处理战备车的情况，和本模块相比，其逻辑更为简单，不含送大修、送中修和累计工分的子模块。详情可参考第 1.2 节的战备车动用的相关内容。

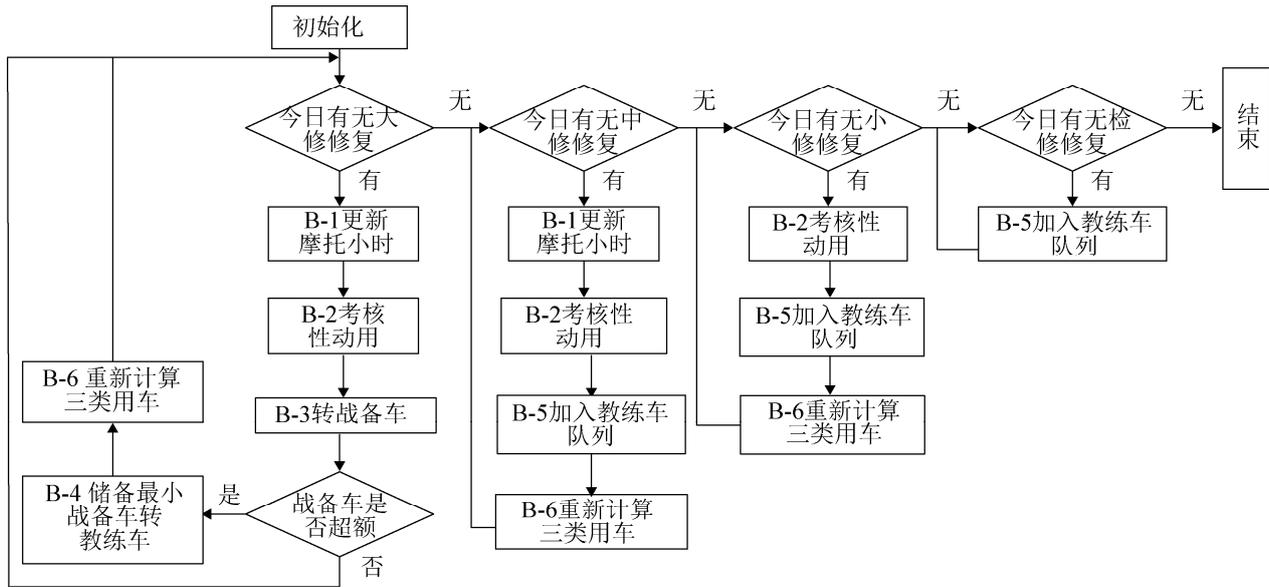


图 3 修理返回更新流程图
Fig. 3 Flowchart of maintenance return & renew

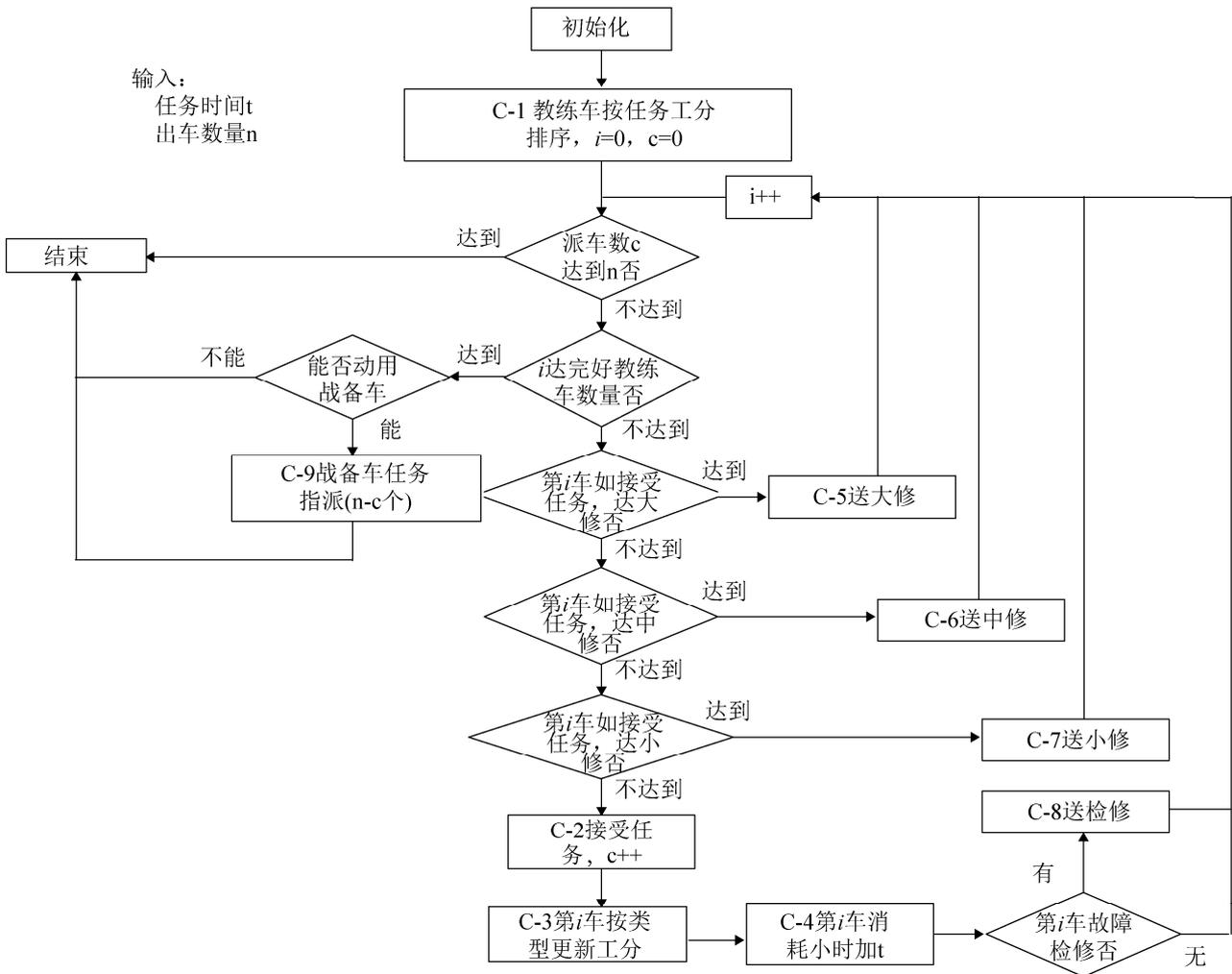


图 4 日任务指派流程图
Fig. 4 Flowchart of daily task assignment

<http://www.china-simulation.com>

3 案例分析

3.1 案例假设

本文所用案例采用以下假设。

战备假设：假设部队战备车比例 70% (即 70 台)，战备车储备下限为新发动机寿命的 75% (即 450 mh, mh 表示摩托小时)。战备车月定期发动消耗 0.5 mh。

装备假设：假设部队列装装备 100 台。某型装备发动机寿命为 600 mh, 小修期为 400 mh 和 200 mh, 中修和大修换发动机。初始时刻 70 台战备车均为大修周期的前半段, 第 i 台战备车的储备摩托小时为 $590 - 2 \times (i - 1)$ 。30 台教练车中, 第 j 台车的储备摩托小时为 $590 - 19.67 \times (j - 1)$, 偶数车为大修周期的后半段, 奇数车为大修周期的前半段。

任务假设：假设常规的训练任务于 8~42 周开展, 周一至周四每日派出 20 车训练 4 mh。第 45 周开展 1 周不间断演习, 要求每天出动 80 车, 每天 5 mh。训练总共耗时 $35 \times 4 \times 20 \times 4 + 7 \times 80 \times 5 = 14\ 000$ mh, 年车均消耗 140 mh。仿真逻辑时间长度为 $6 \times (52 \text{ 周} \times 7 \text{ 天}) = 2184$ 天 (约 6 年)。

动用假设：假设 3 类用车的比例为重点用车 1/3、一般用车 1/3 和控制用车 1/3。每个摩托小时

的累计工分系数为重点用车 1 分, 一般用车 1.5 分和控制用车 2 分。日常训练不动用战备车, 演习可动用战备车。

维修假设：假设大修、中修、小修和检修的时间都为固定值, 分别为 18 周、6 周、2 周和 2 天。每个摩托小时的故障概率为 0.02。大修、中修和小修后的考核性动用时间分别为 10 mh, 5 mh, 1 mh。

3.2 仿真结果分析

以下对仿真所得结果进行分析。其中, 前 4 个指标都是关于时间的函数, 横坐标为 1~2 184 天。

(1) 装备可用度

图 5 展示了装备可用度的日变化曲线。从图中可以看出, 一般情况下, 装备可用度保持在 0.8 以上, 在演习的极端情况下会降到 0.64。经统计, 装备可用度的分布如表 1 所示。

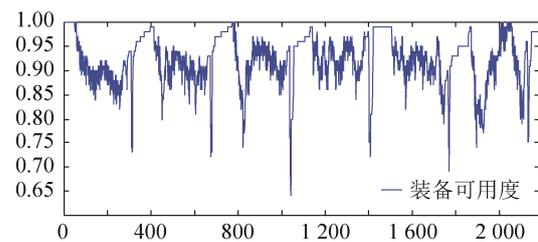


图 5 装备可用度的日变化曲线

Fig. 5 Daily value of equipment availability

表 1 装备可用度的分布

Tab. 1 Distribution of equipment availability

区间	[0, 0.75)	[0.75, 0.8)	[0.8, 0.85)	[0.85, 0.9)	[0.9, 0.95)	[0.95, 1]
天数	19	43	108	370	867	777
比例	0.009	0.020	0.049	0.169	0.397	0.356

从表 1 可知, 装备可用度保持在 0.8 以上的比例为 0.971, 保持在 0.9 以上的比例为 0.753。这说明部队装备可用度总体一般。

(2) 战备完好度

图 6 展示了战备完好度的日变化曲线。从图 6 可发现, 随着仿真时钟推进, 战备完好度趋势性减小。分析发现, 这是由于第 1~4 年战备车动用, 符合标准的战备车数量减少而导致的。当第五年战备完好度下降至 0.35~0.54 时 (即战备车数量下降至

25~38 台时), 才进入周期性平稳变化。这说明部队的战备完好目标无法达成, 对战备打仗的装备保障能力是远远不够的。

(3) 任务完好度

图 7 展示了任务完好度的日变化曲线。从图 7 可发现, 随着仿真时钟推进, 任务完好度趋势性增大。分析发现, 这是由于第一至四年战备车动用消耗至下限, 从而转为教练车, 使得教练车数量增加而导致的。当第五年任务完好度上升至 1.5~2.4 时

(即教练车数量上升至 62~75 台的区间时), 才进入周期性平稳变化。这说明部队对平时训练的装备保障能力是远超所需的。

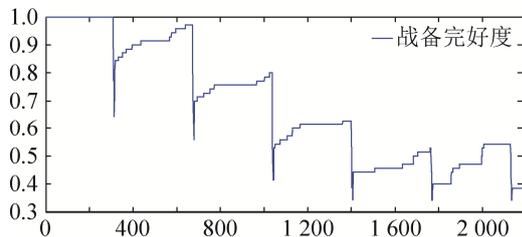


图 6 战备完好度的日变化曲线

Fig. 6 Daily value of operation readiness degree

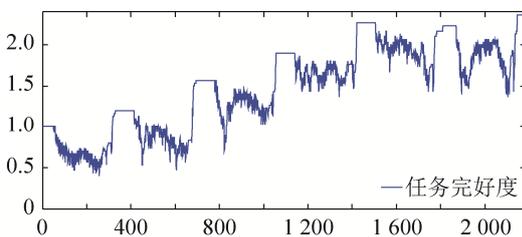


图 7 任务完好度的日变化曲线

Fig. 7 Daily value of training task readiness degree

(4) 在修数量

图 8 和图 9 展示了小修、中修、大修、检修和总和在修数量的日变化曲线。通过图 8 和图 9, 我们发现各种维修的在修峰值分别为小修 18 台、中修 10 台、大修 6 台、检修 21 台和总和 36 台。经统计, 平均在修个数分别为小修 1.91 台、中修 1.54 台、大修 2.85 台、检修 1.52 台和总和 7.81 台。不难发现: (1) 大修是引起装备可用度降低的最主要原因, 提高大修速率, 减小大修在修天数是提升装备可用度的重要手段; (2) 每年在演习的时候大量动用装备, 检修出现极大的尖峰值, 修理机构的压力非常大, 难以保证及时高质量修复; (3) 修理工作的分布不均匀, 各修理机构存在忙闲不均的情况: 小修数量和中修数量每年概略呈现双峰分布;

大修数量每年概略呈现平缓的单峰分布; 检修数量每年在装备任务期间呈现杂乱无章的随机分布, 并在年尾演习有一个极大的尖峰; 在修总量是各种在修量的叠加, 每年概略呈现双峰分布外加一个极大的尖峰。

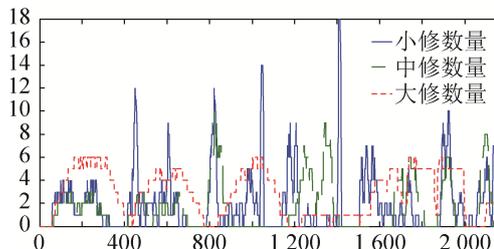


图 8 小修、中修和大修在修数量的日变化曲线

Fig. 8 Daily value of amount of small maintenance, medium maintenance and big maintenance

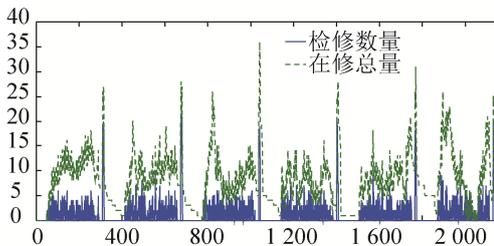


图 9 检修和总和在修数量的日变化曲线

Fig. 9 Daily value of failure maintenance amount and total maintenance amount

(5) 教练车储备小时均匀度

表 2 给出了若干关键时间点的教练车储备小时均匀度。

从表 2 可看出, 均匀度经历了一个先降低后升高的过程, 说明动用管控策略对于教练车储备小时均匀度具有调节能力, 能稳定在一定的合理范围内。经绘制图形对照, 均匀度指标的取值优劣和图形均匀度的直观印象排序是一致的, 篇幅所限, 在此不一一列举。

表 2 教练车储备小时均匀度
Tab. 2 Hourly Uniformness of coach reserve

指标	初始	第一年末	第二年末	第三年末	第四年末	第五年末	第六年末
均匀度	8.66	4.34	5.33	0.99	1.93	2.27	4.08

4 结论

本文研究了装备动用策略的保障效能评估问题,采用了仿真建模与分析的方法。首先开展了装备的生命周期、战备、任务、动用与维修等要素的概念建模。还开展了装备保障效能评价指标的数学建模。其中提出了一种新的教练车储备小时均匀度指标。接下来,根据问题以流程为中心的特点,开展了基于流程图的仿真建模。最后,使用C++语言编程实现了仿真模型,设计了一个装备动用案例,然后开展仿真并获得了各个保障效能指标数值的日变化情况。仿真结果表明,本文方法能对装备动用和修理过程开展完整的建模,并能对各个保障效能指标开展全面而有效的分析。

参考文献:

- [1] 于洪敏. 部队装备管理教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014: 87-89.
Yu Hongmin. Army Equipment Management[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2014: 87-89.
- [2] 马绍民, 张子丘, 侯双京. 装甲装备维修预测系统研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 1994, 8(1/2):47-54.
Ma Shaomin, Zhang Ziqiu, Hou Shuangjing. The Maintenance Forecasting System For Armored Materiel[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 1994, 8(1/2): 47-54.
- [3] 任利, 张子丘. 装甲装备动用制度改革浅析[J]. 装甲兵工程学院学报, 2000, 14(3): 69-74.
Ren Li, Zhang Ziqiu. The Analysis on the Employment System of Armored Equipment Reform[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2000, 14(3): 69-74.
- [4] 刘宏祥, 吴迪, 纪伯公, 等. 目标管理理论在装甲装备动用管理中的应用研究[J]. 科技与创新, 2016, 10: 1-2.
Liu Hongxiang, Wu Di, Ji Bogong, et al. Theory of Objective Management and Its Application on Armored Equipment Using Management[J]. Science and Technology & Innovation, 2016, 10: 1-2.
- [5] 马绍民, 陈守华. 改革装甲装备动用制度势在必行[J]. 装甲兵工程学院学报, 2000, 14(1): 18-23.
Ma Shaomin, Chen Shouhua. The System of Using New Armored Equipment Must Be Reformed[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2000, 14(1): 18-23.
- [6] 梅国建, 张向波, 周欣. 基于全系统全寿命理论的装甲装备退役动用决策模型[J]. 装备指挥技术学院学报, 2009, 20(4): 113-115.
Mei Guojian, Zhang Xiangbo, Zhou Xin. Operation Model of Aged Equipment Based on Total System and Total Life Theory[J]. Journal of the Academy of Equipment Command & Tethnology, 2009, 20(4): 113-115.
- [7] 周云彦, 王建平, 赵聪, 等. 一种装甲装备摩托小时梯次储备的生成与控制方法[J]. 装甲兵工程学院学报, 2012, 26(5): 24-28.
Zhou Yunyan, Wang Jianping, Zhao Cong, et al. Formation and Control Method of Motor Hour Echelon Storage for a Kind of Armored Equipment[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2012, 26(5): 24-28.
- [8] 毕占东, 张磊, 刘义乐, 等. 基于预防性维修的车辆调度优化仿真研究[J]. 兵器装备工程学报, 2016, 37(4): 44-46.
Bi Zhandong, Zhang Lei, Liu Yile, et al. Research on Optimization of Vehicle Scheduling Simulation Based on Preventive Maintenance[J]. Journal of Weapon Equipment Engineering, 2016, 37(4): 44-46.
- [9] 刘颖, 张正, 马恩林. 关于有限集点分布均匀性的度量方法[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 1997, 18(3): 10-14.
Liu Ying, Zhang Zheng, Ma Enlin. Some Methods of Measuring the Uniform Character of Finite Point Sets[J]. Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition), 1997, 18(3): 10-14.
- [10] 徐享忠, 于永涛, 刘永红. 系统仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 141-211.
Xu Xiangzhong, Yu Yongtao, Liu Yonghong. System Simulation[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2012: 141-211.