

doi: 10.7690/bgzdh.2013.08.007

装甲装备器材仓库备件库存优化方法

王明亮¹, 余勃彪^{2,3}

(1. 海军装备部合同监管部, 北京 100036; 2. 装甲兵工程学院技术保障工程系, 北京 100072;
3. 海军工程大学兵器工程系, 武汉 430033)

摘要: 如何寻求装备维修备件保障费用与装备完好性之间的最佳平衡, 是装备管理过程中面临的重要问题。依据装甲装备使用与维修保障的特点, 提出一种备件仓库库存优化方法, 构建多级库存模型, 分析备件周转、申领、调度对器材保障效果的影响及其与备件库存费用之间的关系, 通过 AnyLogic 软件对某类装甲装备在一年内的使用与维修情况进行仿真。结果表明, 该方法能以最低的器材保障延误时间和最小的器材保障费用来满足维修任务需求。

关键词: 装甲装备; 器材保障; 备件; 库存; 优化

中图分类号: TJ765 **文献标志码:** A

Method for Optimizing Stocks of Spare Parts of Armoring Equipment Depots

Wang Mingliang¹, Yu Bobiao^{2,3}

(1. Department of Contract Supervision, Naval Equipment Department of PLA, Beijing 100036, China;
2. Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China;
3. Department of Weaponry Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: A main challenge in armament management process is how to get the optimized balance between the cost of support of the spare parts' stock and armament availability. According to the characteristics of employment and maintenance of armoring equipment, a method for optimizing the stocks of spare parts is presented. Established multi-level stock model, analyze the influence of turnover, applying, and scheduling of spare parts on parts support and the relations between the spare turnover, applying, scheduling and the cost of the spare parts' stock. The situation of employment and maintenance of certain armoring equipment in one year was simulated by AnyLogic. Result shows the method is valid and can meet the maintenance demand with the lowest parts support delay time and minimal parts support cost.

Key words: armoring equipment; equipment support; spare part; stock; optimizing

0 引言

对装甲装备来说, 维修是所有保障工作的核心, 而装备维修保障的关键在于保障器材的满足与适用程度; 因此, 如何通过对装备的维修保障器材消耗预测, 来确定各级器材仓库备件储备量, 将直接决定着装备的维修保障能力, 而这一直是装备维修保障工作的一个重点和难点^[1]。

针对上述问题, 国内研究单位和学者进行了有意义的探索。陈少将、邱静等, 利用自主式保障 PHM 技术对武器装备故障进行了预测, 在此基础上构建了备件多级库存系统仿真模型, 对维修备件库存决策进行了研究^[2]; 郭智敏、严洪森等, 根据美国 ABC 控制法, 依据备件的价值划分其重要程度, 从而来对备件库存进行控制^[3-5]。以上方法对解决器材库存问题有很好的指导作用, 但在解决装备器材保障问题上存在明显的局限性。目前, 我军自主式保障研究主要集中于空军装备, 还未深入到陆军装备; 而作为装备使用单位的基层部队, 不能因零部件价值

大小来决定库存量。为提高装备维修水平, 笔者提出了一种备件仓库库存优化方法。

1 装甲装备器材库存控制

库存, 是指为了满足未来需要而暂时闲置的资源, 是存放在库房中的待用资源。一般情况下, 装备使用单位设置库存的目的是防止物资短缺, 避免任务活动的中断, 适当的库存是装备正常使用过程中所必需的, 有利于协调需求和供给的矛盾, 确保任务顺利完成; 另一方面, 库存既然是待用资源, 就会造成一定的浪费, 如在存储过程中物资的丢失、变质、损耗等, 并且会增加额外的物资管理费用和库房租用费用等。另外, 装备维修保障费用是有限的, 增加用在库房的资金, 就会造成保障经费的流通不畅, 束缚装备战斗力正常发挥, 还会影响装备使用保障单位对物资资源、人力资源等的合理配置和应用, 造成浪费。所以, 在装备维修保障活动中, 在满足正常使用的前提下, 应力争使库存量逐步减

收稿日期: 2013-02-10; 修回日期: 2013-03-18

作者简介: 王明亮(1980—), 男, 陕西人, 工学学士, 工程师, 从事装备监造和管理研究。

少，甚至向零库存方向发展，尽量减少库存的物资储备，提高器材保障效率。

备件，是装备维护维修所需要的重要物资。为避免因备件短缺而造成停工，必须保证足够、及时的备件供应。装甲装备器材是组成装甲装备的所有可拆成单体的组件、部件和零件的总称，通常指完成装甲车辆维修所需的专用组件、部件和零件。同时考虑备件库存量的合理限额，尽量降低备件库存占用资金。对备件实行库存控制的目的，就是要实现两者之间的平衡，把备件库存量控制在既能满足装备维修需要，又符合占用资金合理这一水平上。

1.1 器材保障效果

我军现有的装甲装备器材保障采用总部、军区、集团军、师、团 5 级保障体制，每级保障体制中均设有仓库作为本级装甲装备器材周转、储存的实物管理机构，具体如图 1 所示。

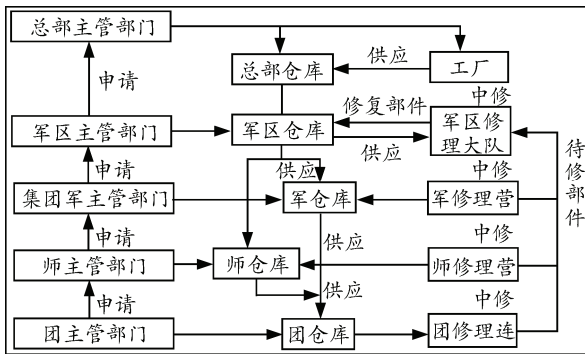


图 1 装甲装备器材保障体制结构

通常，备件库存由部队修理所统一管理。每一个修理级别都有相应的备件库存，经常储备定额备件，接受同级维修机构维修的备件，即修复备件数量；较低级的库存机构可以向高一级的库存机构申请备件，较高级的库存机构接受低一级库存机构的申请并向低一级的库存机构发送备件，即订购备件数量；每种部件有其相应的维修级别，根据级别不同送往不同的维修机构进行维修。

考核单个维修保障机构的一项备件保障情况主要有 2 项指标：一是备件满足率，即随时能满足供应需求所占百分比；二是备件短缺数，即某一时间内未满足供应的备件数量。通过对备件消耗规律的分析，装备维修对备件的需求是随机的，需求的数量也是随即变化的。当发生一次需求时，来自修理机构的待接收数就增加一件；若现在库存数为正数，它就减少一件，将不会产生器材保障的延误；否则，备件短缺数就增加一件，其时间持续到有一件补给品或故障修复为止，此时造成器材保障的延误。因

此，维修机构器材保障情况可通过保障延误时间 T_{ALD} 来表述，库存控制的优化目标就是要使得因器材短缺造成的器材保障延误时间最短^[6]。

1.2 器材库存成本

库存控制优化的另一个目标就是使各级器材仓库总的库存成本达到最小。对于单个级别器材保障机构来说，库存成本 C 主要包括器材存储管理费用 C_A 和订货费 C_B 2 大部分。 C_A 主要包括器材从发运、检验入库、保管、保养到出库的整个过程中损失损耗的费用，它与器材保管天数 n 成正比，具体表达式为 $C_A=n \cdot K_i$ ， K_i 为第 i 种备件平均每天所需费用。订货费 C_B 主要包括购置费、运输费 S 、装卸费 L 等，它与订货次数 m 、订货数量 Q 、器材单价 R 成正比，具体数学关系为：

$$C_B = \sum_i^m Q_i \times R_i + \sum_i^m S_i + \sum_i^m L_i$$

式中， i 为第 i 次订货。

由以上分析可知，确定合理库存量目标是满足使用费用最低，既不造成资金积压，又能保证需求。

2 多级库存模型

由库存成本计算公式和器材保障延误时间计算方法可知，为了获得最优的库存方案，准确计算各级器材仓库单类部件数量至关重要。因此，可根据装甲装备器材周转流程，构建器材周转模型，并对仿真环境和设置进行想定，从而明确装备维修保障活动中器材保障成本与保障效果之间的关系，进而确定器材仓库最优库存。

2.1 器材周转模型

装备在执行任务期间发生故障，由基层级维修单位进行判断，然后送往相应的维修级别进行维修；修复后的装备继续执行任务或进入待命状态；除对故障装备进行修复性维修外，还需要按规定对装备进行预防性维修。在维修过程中可能需要相应的备件，如果有备件，一般直接进行换件维修；如备件短缺，则向上级供应单位申请备件，维修单位也可以对故障件进行修复，修复后的部件可以直接用于故障装备的换件维修，或者送往本级的器材仓库作为库存^[7-8]。等待器材修复完毕或等待上级备件补充这段时间就是所要优化的 T_{ALD} 。

器材供应流程图如图 2 所示。器材从总部订货开始，一般需要经过工厂、总部直属仓库、军区仓库、集团军(师)仓库、团仓库，最后到达维修分队。

实行计划基础之上的下级申请、上级供应的保障模式。器材在仓储周期内所消耗的费用主要是仓储保管费用，物流周期内主要是订货费用，而这两项费用之和就是所要优化的指标，即器材库存成本。

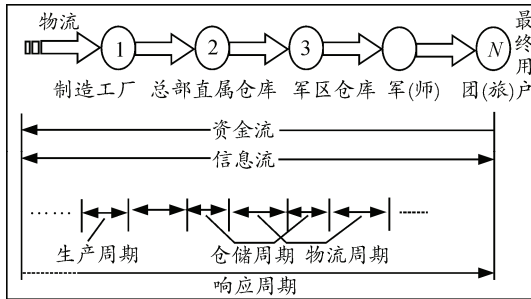


图 2 器材供应流程

2.2 仿真想定

目前，装备维修备件供应管理为多级库存管理体系，是一个由上至下的物流过程，关键在于寻找最佳的订货量和订货时间。

为建立多级库存仿真模型，笔者做了假设^[9-12]：

- 1) 装备在正常使用过程中，某类部件的故障规律已知；
- 2) 库存模型采用序列系统结构，各仓库均不允许缺货，订货瞬时补充，且各仓库同时进行；
- 3) 库存模型中各器材仓库根据部件库存量情况决定是否订货，需求量由装备的维修情况决定；
- 4) 库存模型中生产商按需生产，其生产能力远远大于后继仓库需求，缺货成本可以忽略；
- 5) 库存模型中生

- 产商不考虑库存成本；
- 6) 采用经济批量策略，交易成本很小，可以忽略；
- 7) 维修地点进行的维修策略是换件维修，各级仓库缓冲存量采用的是依照保障度设定；
- 8) 边际成本和库存成本可以线性叠加；
- 9) 以总成本最小为优化目标。

2.3 模型参数

我军装甲装备使用规定明确了装备预防性维修各类维修项目和要求，并对装备故障维修等级作了划分。因此，明确装备故障规律是仿真实验的基础，并在此基础上确定各类备件能够被存储的器材仓库等级，从而获得订货周期、器材周转时间、仓储管理费用等相关信息，为后续的分析奠定基础。具体库存指标和参数如表 1 所示。

表 1 库存指标和参数

库存控制指标							
保障效果指标				保障成本指标			
周转时间	申领时间	装卸时间	运输时间	单类部件存储费	单类部件购置费	单类部件装卸费	单类部件管理费

3 算例

现考察某类装甲装备在一年内的使用与维修情况，考察装备数量为 30 台，设置优化实验迭代次数为 100，随机取定各级器材仓库定额储备量的初始值，运行仿真试验，对各级器材仓库备件数量进行优化，从而确定各级器材仓库备件最优库存数量。仿真优化输出界面如图 3 所示。

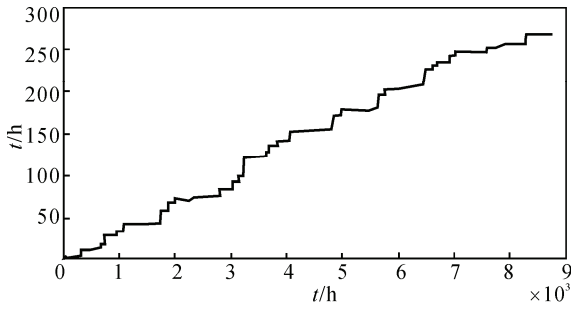
装甲装备维修保障能力评估：器材仓库优化



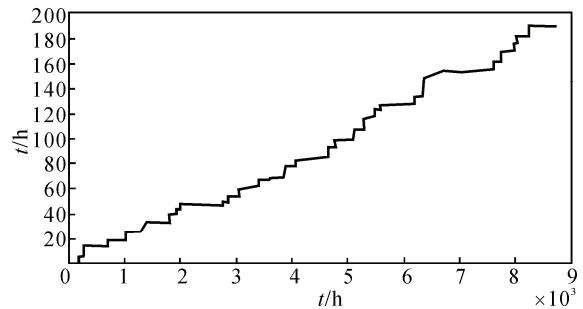
图 3 仿真优化结果输出

现以某一级优化输出为例进行分析, 优化前后

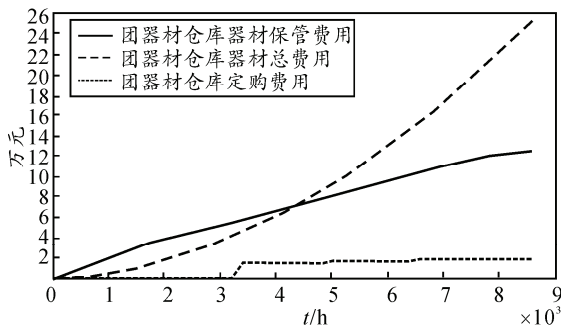
的器材保障延误时间、器材库存成本如图 4 所示。



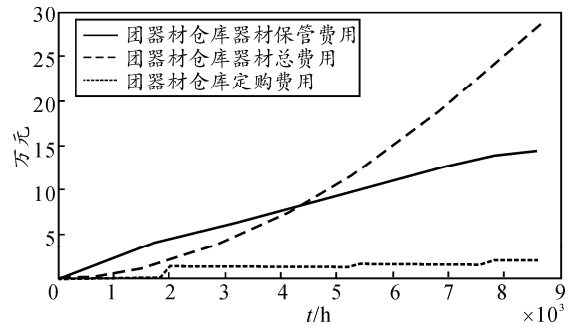
(a) 优化前器材保障延误时间



(b) 优化后器材保障延误时间



(c) 优化前器材库存成本



(d) 优化前器材库存成本

图 4 优化前后的器材保障延误时间、器材库存成本

由图 4 可知, 优化前的器材保障延误时间为 269.8 h, 优化后的为 192.3 h, 经优化的团一级器材仓库能有效缩短器材保障延误时间; 同时, 相应的库存成本增加, 优化前的为 25.5 万元, 优化后的为 28.3 万元。因此, 在制定器材保障方案时, 应综合考虑器材保障能力与经费的要求。

4 结束语

如何对装备维修备件库存配置进行科学优化决策, 寻求装备维修备件保障费用与装备完好性之间的最佳平衡是装备维修保障中一个重要课题。笔者分析了当前维修备件的多级库存模型, 在对系统进行合理假设的基础上, 通过模型分析和仿真试验, 建立的模型能为维修备件库存决策提供合理依据。通过对各级器材仓库库存备件数量的优化, 实现了装甲装备器材库存控制的目标, 即以最低的器材保障延误时间和最小的器材保障费用来满足维修任务需求, 能为制定科学合理的维修保障方案提供参考。

参考文献:

[1] 吴纬, 周运东. 装甲装备保障学[M]. 北京: 国防工业委员会, 2010: 7.

[2] 陈少将, 邱静, 等. 一种备件多级库存系统的仿真模型[J]. 系统仿真学报, 2010, 22(11): 2064-2066.
 [3] 郭智敏, 严洪森, 陈施华, 等. 备件库存控制方法研究[J]. 计算机集成制造系统——CIMS, 2003, 9(11): 1028-1032.
 [4] Craig C. Sherbrooke. Optimal Inventory Modeling of Systems: Multi-Echelon Techniques[M]. London: Springer Science Business Media, 2004: 28-29.
 [5] 王宏焰, 高崎, 王家鹏. 装备维修器材消耗预测综述[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(5): 92-95.
 [6] 王岫, 龚长红. 装甲车辆故障诊断专家系统[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(2): 7.
 [7] 单志伟. 装备综合保障工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 183-185.
 [8] 徐宗昌. 保障性工程[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2005: 297-298.
 [9] 舒华, 柴怡, 赵劲松, 等. 车辆野战维修装备编配数量建模和仿真[J]. 兵工自动化, 2012, 31(1): 26-29.
 [10] 杨宇航, 赵建民, 李志忠, 等. 备件管理系统仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(5): 981-986.
 [11] 肖田元, 范文慧. 系统仿真导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 261.
 [12] 重光. 系统建模与仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 159-161.