

装备维修器材保障系统模型

王江为

(军事经济学院 军队审计系, 武汉 430035)

摘要:随着武器装备的复杂性和技术含量的不断提高,装备维修器材保障已经成为部队战斗力的重要组成部分,对单级装备维修器材保障系统进行分析与研究,提出了建模思路和方法,为装备维修器材保障系统优化提供了更为满意的方案。

关键词:装备维修保障系统;模型;费用

中图分类号:E257

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2013)02-0080-03

Research on Equipment Maintenance Material Support System Model

WANG Jiang-wei

(Department of Army Audit, Military Economics Academy, Wuhan 430035, China)

Abstract: As the complexity of weapons and technology continues to improve, equipment maintenance material support has become an important part of the force's combat capability. Single-level analysis and research on equipment maintenance material support system are conducted, and this paper also examines the thinking and method for modeling. Optimization of equipment maintenance material support system provides a more satisfactory solutions.

Key words: equipment maintenance support system; model; cost

装备维修器材保障系统是涉及多方面因素、具有多个环节(如筹措、储存、供应)的较复杂的系统^[1-2]。按照系统的观点和装备维修器材保障问题,建立系统模型,对于维修保障系统高效、低耗地运行具有重要意义^[3]。本文就最常见的装备维修器材保障系统进行分析和研究,并对其建模思路和方法进行研究。

1 单级装备维修器材保障系统

装备维修器材保障系统可以分为单级保障系统和多级保障系统,这2种保障系统模式其实是相互渗透,互相关联的,相对来讲单级装备维修器材保障系统结构简单,在实际工作更好把握与操作,是更为常见的一种保障系统模式。

1.1 单级装备维修器材保障系统的定义

装备维修器材保障只由一级管理机构负责,这样的系统即为单级装备维修器材保障系统。单级装备维修器材保障

系统在社会发展和国防建设中是一种最常见的保障系统模式,在该系统中,维修器材供应(库存)单元与维修器材使用单元是其基本构成,其基本结构图如图1所示。部队在不考虑上级支援时,其携行维修器材保障可视为这种结构类型。

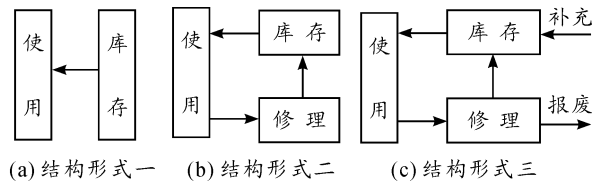


图1 单级装备维修保障系统结构

1.2 单级装备维修器材保障系统的分类

单级装备维修器材保障系统按照可修性原则,可以分为2种类型,一种是耗损类维修器材保障系统,一种是可修类维修器材保障系统。

耗损类维修器材是不可修复的,其系统结构类型属图1

(a)型,包含库存和使用2个单元。

但是,在许多情况下,维修器材故障后还可修复并继续使用。这时,维修器材保障系统是由使用单元、库存单元和修理单元这三者构成,如图1(b)所示。在不考虑上级支援时,野战保障即可视为这种结构类型。当库存单元还将得到上级维修器材的补充供应时,如图1(c)所示。如果不考虑上级维修器材的库存限量(即将其视为一个源),则在供应间隔期间内可将其看成更一般的单级装备维修器材保障系统。这2种情况也叫可修类维修器材保障系统。

2 单级装备维修器材保障系统模型

根据不同的维修器材需求特征及不同的保障目标,可建立不同的系统模型。零散供应保障中所考虑的维修器材需求是随机变化的,对于具有随机需求的装备维修器材保障系统,通常可建立以不缺货概率为目标的系统模型。

2.1 耗损类维修器材模型

耗损类维修器材是不可修复的,其系统结构类型属图1(a)型。设 X 表示在规定时间内 t 内所需某类维修器材的数量,其为随机变量。记 a 为该类维修器材的需求率。 N 为维修器材储存量, $P(X \leq N)$ 表示不缺货概率,即规定的系统目标函数。根据实际统计和理论分析,可以认为维修器材需求服从泊松分布,维修器材需求密度函数为

$$f(x) = \frac{(LaT)^x e^{-LaT}}{x!} \quad (1)$$

式中, L 为使用单元中含有该类维修器材的数量。

不缺货概率为

$$P = \sum_{x=0}^N f(x) = \sum_{x=0}^N \frac{(LaT)^x e^{-LaT}}{x!} \quad (2)$$

显然,在式中如果已知 LaT 和 N 值,则可求出不缺货概率 $P(X \leq N)$ 值。反之,当给定了维修器材保障目标要求(不缺货概率),在已知 LaT 值时,则可确定维修器材的储存量 N 。利用该模型,可以确定耗损类维修器材,也可以用来确定装备携行备件量。在实际求解时,除可采用直接计算法外,还可采用下列几种方法。

1) 查表法

由式(2)可知,当已知 LaT 和保障目标 P 值时,通过查泊松分布表,可以较快地确定出所需的维修器材数量 N 。

2) 列线图法

采用式(2)确定器材数量 N 时,由于 N 不能用显函数表示,因此直接计算法或查表法都属于试算法,即从 $N=0$ 开始逐渐增加,计算不缺货概率 P ,直至满足规定要求为止。为方便求解,人们绘制了列线图,将式(2)中的 LaT 、 P 及 N 的关系直接反映在列线图上。利用该图可以方便地确定出所需器材储存量 N 。

3) 估算法

当所需确定的器材品种数目较多时,若不利用计算机进行求解,计算会显得较为繁琐。为了比较快速地估计出维修

器材储存 N ,此时可采用下述估算法,该方法既考虑到了器材储存的费用又考虑了器材储存的效果。

在给定器材保障目标 $P(N; LaT)$ 值后,已知 LaT 便可利用泊松分布函数表确定出相应的器材储存量 N 。但是,这样确定出的 N ,一方面无法考虑备件本身的价格和其它的一些属性,另一方面,随着 N 的增大,它对不缺货概率 P 的影响也越来越少。进一步分析泊松分布函数表,可得出 P 与 N 的关系,如图2所示。

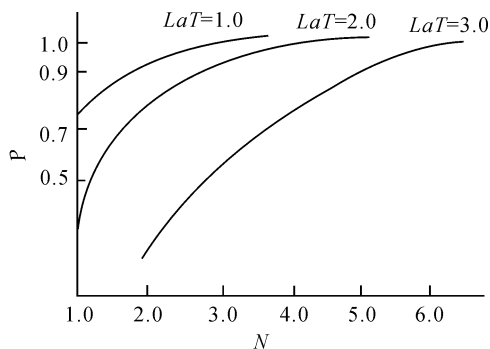


图2 概率 P 与参数 N 的关系

分析不缺货概率 P 与 N 的关系可知,在泊松分布条件下,需求量 X 的均值为 $E(X) = LaT$ 。

当 $LaT = 1.0$ 时, $P(X \leq LaT) = 0.7358$,且 $P(X \leq LaT)$ 值随 LaT 值的增大而减小。例如, $LaT = 6.0$ 时, $P(X \leq LaT) = 0.6063$ 。

这说明即使存储了 $nLaT$ 个器材,装备仍可能以约40%的概率因缺乏维修器材而不能工作。为了提高装备良好工作的概率,须增大维修器材的储存量。

当储存量达到 $2LaT$ 个(件)时, $P(X \leq 2LaT)$ 已大于0.90。例如, $LaT = 1.0$ 时, $P(X \leq 2LaT) = 0.9197$, $LaT = 2.0$ 时, $P(X \leq 2LaT) = 0.9473$ 。 $P(X \leq 2LaT)$ 值随 LaT 值的增大而增大。

但是,当 $N > 2LaT$ 时,随 N 值增加, $\Delta P(X \leq N)$ 越来越小,即器材费用效果越来越差。由此,可将 N 分为I区、II区和III区,如图3所示。

在I区中, $P(X \leq N)$ 难以满足保障要求,一般不宜选用。

在II区中,可以根据器材费用的高低选择 N 的取值,比如:高价器材(或非关键件)可取 $N = LaT$;中价器材可取 $N = 1.5LaT$;低价器材(或关键件)可取 $N = 2LaT$ 。 N 值不同其不缺货概率也不同。

在III区中,由于其费用效果差,一般也不作考虑。

采用这种估算法,只要已知器材的 LaT 和费用信息,根据保障目标要求,就可快速估计出所需器材的储存量 N ,且具有一定的精度和可操作性。

上述估算法考虑到了维修器材的费用。在实际中,可以用器材价格作为该费用,此时,由于器材的价格相差很大,宜采用ABC分类法按价格将维修器材进行划分,便宜的为A类,适中的为B类,贵重的为C类。A类维修器材选择在II

区的上限附近, C类应选 II区的下限附近, B类一般选在 II区的中段。

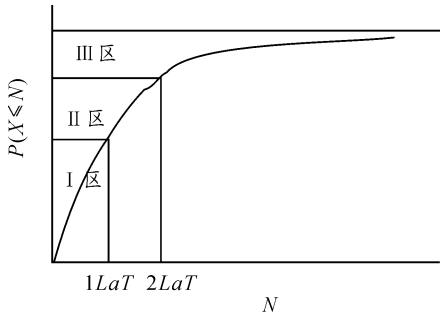


图3 器材费用效果

2.2 可修类维修器材模型

对于可修类维修器材, 由于其修复后可以再使用, 能够提高维修器材的利用率。因此, 在其它条件相同的情况下, 所储备的维修器材数相应有所减少。这时, 如果采用耗损类模型, 必然导致决策的失误。特别是可修件往往价格较贵, 计算的误差将会造成较大的浪费。在建立数学模型时, 必须考虑维修器材的可修复性。

可修类装备维修器材单级保障系统结构如图1(b)所示。设该系统使用单元中有某种可修件 L 个, 维修器材储存量为 N , 维修分队数为 c ($c \leq N$), 每个可修件的平均需求率为 a , 假设可修件故障和修复时间均服从指数分布。这样该系统可看成是 $M/M/c/L + N/L$ 的排队系统。设 X 表示送修故障件的数量, 其可能取值为 $0, 1, 2, \dots, N+L$ 。当 X 为 $0 \sim N$ 时, 维修器材不短缺, 当 $X > N$ 时, 则因维修器材短缺影响装备的维修和使用。根据排队论的方法, 可得出

$$P(X = k) = \begin{cases} \frac{L^k}{k!} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k p_0 & 0 \leq k \leq c \\ \frac{L^k}{c! c^{k-c}} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k p_0 & c < k \leq N \\ \frac{L^N L!}{c! c^{k-c} (L - k + N)} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k p_0 & N < k \leq N + L \end{cases}$$

由于 $\sum_{k=0}^{N+L} P(X = k) = 1$

则有

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^c \frac{L^k}{k!} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k + \sum_{k=c+1}^N \frac{L^k}{c! c^{k-c}} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k + \sum_{k=N+1}^{N+L} \frac{L^N L!}{c! c^{k-c} (L - k + N)} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k \right]^{-1} \quad (4)$$

因此保障系统不缺维修器材的概率为

$$P(X \leq N) = \sum_{k=0}^N P(X = k) = \left[\sum_{k=0}^c \frac{L^k}{k!} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k + \sum_{k=c+1}^N \frac{L^k}{c! c^{k-c}} \left(\frac{a}{\mu}\right)^k \right] p_0 \quad (5)$$

对于此种模型的计算, 我们可以采用直接计算法, 也可以通过查表计算或画图求解。

当然, 在实际工作中, 装备维修也通常采用多级维修体制, 相应地, 维修器材管理机构也设置为多级, 这样既便于实施维修器材保障, 也有利于维修器材保障能力的提高的保障费用的合理使用, 由于这类问题的复杂性, 须在建立系统模型的基础上, 进行进一步的优化计算才能搞好配置。

3 结束语

装备维修器材保障系统由于涉及筹措、储存、供应、报废等多个环节, 是较为复杂的系统, 无论是耗损类维修器材保障系统还是可修类维修器材保障系统, 都必须按照系统的观点, 建立合适的计算与评估模型, 并选取合理的计算方法, 以使装备维修器材保障系统高效、低耗地运行。

参考文献:

- [1] 徐绪森. 装备维修工程学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [2] 高崎. 军用装备维修工程学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.
- [3] 黄祥瑞. 可靠性工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [4] 刘增勇, 欧焘, 张爱民, 等. 军事装备维修器材供应链中不确定性分析及柔性管理[J]. 四川兵工学报, 2012(10): 41-44.
- [5] 李阳, 金伟, 武昌. 基于CA与MAS的军用装备维修保障建模仿真[J]. 火力与指挥控制, 2012(7): 161-164.
- [6] 张书君, 赵建忠, 张慧武, 等. 基于改进灰色预测模型的军械维修器材消耗预测方法[J]. 四川兵工学报, 2011(5): 138-141.
- [7] 沈永伟. 基于Gompertz的气象水文装备维修器材消耗量分析与预测[J]. 装备环境工程, 2011(2): 97-99.

(责任编辑 杨继森)