

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.01.009

## 车辆野战维修装备编配数量建模和仿真

舒华<sup>1</sup>, 柴怡<sup>2</sup>, 赵劲松<sup>1</sup>, 高永刚<sup>2</sup>, 刘凯<sup>3</sup>(1. 军事交通学院装备保障系, 天津 300161; 2. 军事交通学院研究生管理大队, 天津 300161;  
3. 中国人民解放军 71282 部队装备部, 河南 洛阳 471023)

**摘要:** 为了提高军队车辆的装备保障整体效能, 对车辆野战维修装备的编配进行研究。在分析影响编配数量的各种因素的基础上, 确定车辆野战维修装备编配的维修任务量和单车维修作业能力, 建立面向任务的车辆野战维修装备编配数量模型, 并经过Matlab软件进行仿真验证。验证结果表明: 该模型可为车辆装备的合理化、科学化保障提供了辅助决策支持。

**关键词:** 车辆野战维修装备; 编配数量; 建模; 仿真

**中图分类号:** TJ81 **文献标志码:** A

## Allocation Amount Modeling and Simulation of Vehicle Battlefield Maintenance Equipment

Shu Hua<sup>1</sup>, Chai Yi<sup>2</sup>, Zhao Jinsong<sup>1</sup>, Gao Yonggang<sup>2</sup>, Liu Kai<sup>2</sup>(1. Dept. of Equipment Support, Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China;  
2. Administrant Brigade of Postgraduate, Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China;  
3. Equipment Department, No. 71282 Unit of PLA, Luoyang 471023, China)

**Abstract:** In order to improve military vehicle equipment support integrant efficiency, the paper studies allocation of vehicle battlefield maintenance equipment. By analyzing influential factors of allocation amount, it determines maintenance mission of allocating vehicle battlefield maintenance equipment and the maintenance capability of a single vehicle, established the allocation model based on mission. The model was validated by Matlab simulation. The model can provide assistant decision support for rationalization and scientific vehicle equipment support.

**Key words:** vehicle battlefield maintenance equipment; allocation number; modeling; simulation

### 0 引言

车辆野战维修装备是保障军队车辆装备完好的维修装备, 主要包括野战修理装备、野战抢救装备和技术检测、诊断设备<sup>[1]</sup>, 是战时保持和恢复车辆装备技术性能的主要装备。其编配数量的合理性, 将直接影响车辆野战维修装备整体效能的发挥, 对于恢复和保持部队保障力具有重要的现实意义<sup>[2]</sup>。因此, 笔者通过研究影响编配数量的各种因素, 确定了车辆野战维修装备编配数量关键参数, 提出了面向任务的车辆野战维修装备编配数量模型。

### 1 车辆野战维修装备编配数量关键参数

#### 1.1 维修任务量参数确定

维修工时能较好地反映维修任务量, 可将不同型号装备的不同故障以一种通用指标来反映和度量维修的人力、物力及时间消耗<sup>[3-4]</sup>。维修任务量主要由作战阶段产生的战斗损伤量和使用损伤量组成。

#### 1.1.1 战斗损伤量预测

设  $Y_i$  为某种车型参战车辆数,  $T$  为某战斗天数,  $r_i$  为某战斗日战斗损伤率。则战斗损伤量  $X_z$  计算公式为:

$$X_z = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot T \cdot r_i \quad (1)$$

参考以往演习的战损数据, 根据灰色预测<sup>[5]</sup>, 确定未来车辆装备的平均日战斗损伤率为:  $r = 5.37\%$ <sup>[6]</sup>。

#### 1.1.2 使用损伤量预测

车辆使用损伤量包括使用损伤大、中修修理量、使用总成大修量和车辆小修量。

##### 1.1.2.1 使用损伤大、中修任务量

设  $L_{zi}$  为平时使用损伤大、中修间隔里程,  $d$  为地区对大、中修间隔里程影响系数,  $r$  为战时使用损伤间隔里程影响系数(0.5~0.7), 车辆使用损伤

收稿日期: 2011-08-04; 修回日期: 2011-08-24

基金项目: 军队自主基金(BJJ10C004)

作者简介: 舒华(1956—), 男, 四川人, 学士, 教授, 从事装备建设与发展研究。

大、中修间隔里程  $L'_{zi}$  的计算公式为:

$$L'_{zi} = L_{zi} \cdot d \cdot r \quad (2)$$

当不必要进行逐辆推算时, 可根据战斗可能消耗的车公里概算大、中修任务量  $X_i$ , 设  $L$  为战斗阶段总行驶里程, 则大、中修任务量  $X_i$ :

$$X_i = \frac{L}{L'_{zi}} \quad (3)$$

### 1.1.2.2 使用总成大修量和车辆小修量

其计算公式与战斗损伤量相同, 经分析论证, 战术范围使用损伤日小修率为: 指挥车、运输车 5%; 牵引车、特种车 2%; 各车型平均可按 3% 计算。使用损伤日主要总成大修率为: 指挥车、运输车 0.2%; 牵引车、特种车 0.1%; 各种车型可按 0.15% 计算<sup>[7]</sup>。

### 1.1.3 总任务量预测

当需用维修车(辆)数表示时, 可将战斗损伤量和使用损伤量同类相加即可; 用工时表示时, 可设  $H$  为总任务量;  $X_i$  为某维修类别任务量;  $D_i$  为某维修类别的工时定额, 则:

$$H = \sum_{i=1}^n X_i \cdot D_i \quad (4)$$

其中维修类别的工时定额  $D_i$  取值如表 1。

表 1 维修工时定额

类别	小修	中修	大修	总成修理
汽油车	14	100/400	265/800	30/100
柴油车	20	160/600	424/1 200	48/160

## 1.2 单车维修作业能力确定

### 1.2.1 维修作业能力确定方法

不同保障单位承担的保障任务不同, 维修的类别也有所不同, 为此将保障单位的保障能力分为小修能力、中修能力、主要总成更换能力和总成修理能力<sup>[8]</sup>。保障单位保障能力的评估是对保障单位总体保障能力的评价, 是以上各因素的总体体现, 通常采用下式表示:

$$N_i = \frac{N \times \eta \times A}{D_i} \times T \quad (5)$$

式中:  $N_i$  表示  $i$  维修类别的维修能力;  $N$  表示保障人员实力;  $\eta$  表示保障资源保障程度;  $T$  表示战斗阶段天数;  $D_i$  表示  $i$  维修类别维修工时定额;  $A$  表示修理工日有效工时。

其中, 修理工日有效工时计算公式如下:

$$A = T \times W \times X \times R \times G \times Z \times K \times Q \times M_s \quad (6)$$

式中:  $A$  是指维修工每天能用来进行维修的工作时间;  $T$  表示维修工日工作时间;  $W$  表示战斗减员影响系数;  $X$  表示休息就餐影响系数;  $R$  表示战斗样式影响系数;  $G$  表示构工伪装影响系数;  $Z$  表示特殊作业环境影响系数;  $K$  表示保障组机动、展开及转移撤收影响系数;  $Q$  表示组织指挥及辅助资源保障程度影响系数;  $M_s$  表示驾驶员利用率。

### 1.2.2 单车维修作业能力计算

修理车主要完成定点维修保障任务, 影响修理车修理工日有效工时的主要因素及经验值如表 2<sup>[9]</sup>。

表 2 修理车修理工日有效工时影响系数

序号	主要因素	影响系数	
1	战斗减员 $W$	0.95	
2	休息就餐 $X$	0.90	
3	战斗样式 $R$	进攻作战	0.75
		防御作战	0.90
4	构工伪装 $G$	0.90	
5	特殊作业环境 $Z$	0.80	
6	机动、展开及转移撤收 $K$	0.80	
7	组织指挥及辅助资源保障程度 $Q$	0.90	

抢修车主要完成机动维修保障任务, 影响抢修车修理工日有效工时的主要因素及经验值如表 3。

表 3 抢修车修理工日有效工时影响系数

序号	主要因素	影响系数
1	特殊作业环境 $Z$	0.80
2	机动、展开及转移撤收 $K$	0.50
3	辅助资源保障程度 $Q$	0.70
4	驾驶员利用率 $M_s$	0.70

综合以上影响因素, 通过计算得到汽车修理车、汽车抢修车维修作业能力如表 4。

表 4 汽车修理车、汽车抢修车维修作业能力

序号	名称	符号	有效工时	说明
1	修理车维修工日有效工时	$A$	8	进攻战斗
2	修理车维修工日有效工时	$A'$	10.5	防御战斗
3	修理车日维修作业能力	$N$	240	进攻战斗
4	修理车日维修作业能力	$N'$	315	防御战斗
5	抢修车维修工日有效工时	$B$	6.7	
6	抢修车驾驶员维修工时	$B'$	4.7	
7	抢修车日维修作业能力	$M$	18.1	

## 2 车辆野战维修装备编配数量模型建立

### 2.1 汽车抢修车编配数量模型

设每个地点的修理任务为  $i$ ；有  $X_1$  辆某型汽车抢修车由维修力量配置地域出发至待修点，完成任务后返回配置地域，每辆抢修车的保障能力恒定； $C_1$  表示汽车抢修车的维修作业能力； $MH_{c1}$  表示车辆小修量(小修车辆数×小修额定工时)； $U_1$  取表 1 中汽车抢修车完成抢修任务时间范围内的换件修理值； $Q_1(t)$ 表示小修战损率； $P_1(t)$ 表示车辆小修时的修复率； $H_{c1}$  表示小修车辆数，则建立模型  $M_1$  如下：

$$M_1: \begin{cases} X_1 C_1 \geq MH_{c1} \\ MH_{c1} = \sum_{i=1}^{H_{c1}} U_1(i) \\ R_1 = Q_1(t) \cdot U_1(t) = \sum_{i=1}^{H_{c1}} \frac{Q_1(t_i) U_1(t_i)}{H_{c1}} \end{cases} \quad (7)$$

### 2.2 汽车修理车编配数量模型

汽车修理车编配数量模型和汽车抢修车编配大致相同<sup>[10]</sup>，则有：

$$M_2: \begin{cases} X_2 C_2 \geq MH_{c2} \\ MH_{c2} = \sum_{i=1}^{H_{c2}} U_2(i) \\ R_2 = Q_2(t) \cdot U_2(t) = \sum_{i=1}^{H_{c2}} \frac{Q_2(t_i) U_2(t_i)}{H_{c2}} \end{cases} \quad (8)$$

### 2.3 汽车抢救车编配数量模型

假设  $t_s$  表示战斗开始时刻， $t_{zh}$  为一次战斗的持续时间或规定的可以进行后送的最后时间， $t_{ski}$  为第  $i$  辆需后送战损车辆的产生时刻(第  $j$  辆汽车抢救车出发时刻)，第  $i$  辆汽车抢救车单次执行任务时间  $t_{di}$ ， $t_{oi}$  为第  $i$  辆汽车抢救车执行任务开始时间，保障第  $i$  个汽车分队的汽车抢救车数量为  $n_{hsi}$ ，第  $i$  辆汽车抢救车完成任务情况设为  $g$ ( $g=1$  时，任务完成； $g=0$  时，任务未完成)。则建立模型  $M_3$  如下：

$$M_3: \begin{cases} n_{hsi} = \sum_{i=1}^n g \\ X_3 = \sum_{i=1}^{n_y} n_{ksi} \\ R_3 = \sum_{i=1}^{H_{c3}} \frac{1 - Q_3(t_i)}{H_{c3}} \end{cases} \quad (9)$$

其中： $g=0(t_{oi}+t_{di} \geq t_{ski})$ ， $g=1(t_{oi}+t_{di} < t_{ski})$ ； $X_3$  表示汽

车抢救车的数量； $Q_3(t)$ 汽车抢救车执行任务时，战伤/时间分布概率； $H_{c3}$  表示需抢救的车辆数。

### 2.4 面向任务的编配模型建立

以实现战时各种维修保障任务的整体完成为目标，建立如下的多目标模型：

$$P: \begin{cases} \max R_c = \sum_{i=1}^n W_i R_i \\ \min X_1 \\ \min X_2 \\ \min X_3 \end{cases} \quad (10)$$

式中： $R_c$  为任务的整体成功率； $R_1$  为维修分队执行小修任务的成功率； $R_2$  为维修分队执行中修任务的成功率； $R_3$  为维修分队执行抢救抢修任务的成功率。

模型  $P$  为多目标函数，式 (9) 中  $\max R_c = \sum_{i=1}^n W_i R_i$

表示野战维修任务完成率为小修任务完成、中修任务完成和抢救任务完成率的加权之和最大；

$\max R_c = \sum_{i=1}^n W_i R_i$  中引入权值  $W_i$  对  $R_i$  进行归一理，其中权值  $W_1=1/3$ 、 $W_2=1/3$ 、 $W_3=1/3$ ； $\min X_1$ 、 $\min X_2$ 、 $\min X_3$  是在满足维修任务的前提下，车辆野战维修装备的最小数量。

## 3 模型的仿真求解

### 3.1 示例描述

设某机步师共编配车辆装备 1 000 辆，各车型的具体编配标准如表 5。

表 5 某机步师参战车辆装备的基本情况 辆

单位	指挥车	运输车	特种车
机步 1 团	16	140	10
机步 2 团	16	140	10
装甲团	14	80	20
地炮团	14	120	50
高炮团	14	120	70
师直	26	100	40
总计	100	700	200

根据前面战损率预测结果，车辆装备战损率为  $r=5.37\%$ ，其中轻微损伤占 30%，中等损伤占 25%，严重损伤占 15%，报废占 30%。师定点保障地域与作战部队的平均距离为 30 km，汽车抢救车的机动速度为 40 km/h，其机动速度和后送距离的综合修正系数为 0.7。各时段按每段 30 min 计算。

各时间段战损数量随时间变化分布, 如表 6、7。

表 6 损坏装备时间分布 辆

阶段	数量	阶段	数量	阶段	数量	阶段	数量
1	10	4	1	7	1	10	0
2	6	5	1	8	0	11	0
3	4	6	1	9	0		

表 7 损坏车辆装备数量及时间 min

辆次	时间	辆次	时间	辆次	时间
1	30.168	7	31.178	13	63.986
2	30.337	8	31.346	14	64.293
3	30.505	9	31.514	15	64.599
4	30.637	10	31.683	16	64.906
5	30.841	11	63.373	17	99.498
6	31.010	12	63.679	18	100.060

### 3.2 仿真求解

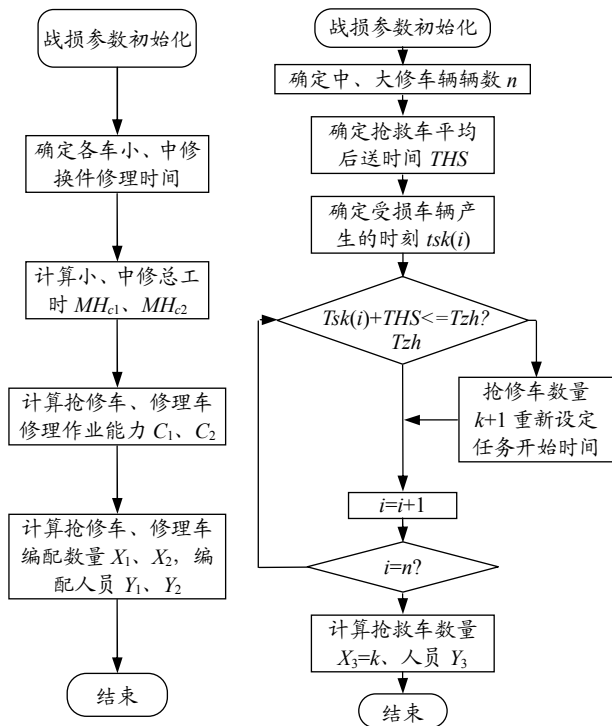


图 1 车辆野战维修装备编配数量流程图

采用 Matlab 编程计算, 按照编配模型和不同装备的需求, 根据不同装备的保障能力, 计算汽车修理车、汽车抢修车、汽车抢救车的编配数量, 步骤是<sup>[10-11]</sup>: 1) 初始化参数。初始化参数是完成计算的首要条件, 根据不同的作战样式、作战规模和部队装备情况, 确定不同的初始化主要参数; 2) 确定各

种作业时间。以维修工时为统一衡量单位, 确定中修、小修、保养和换件修理作业时间, 维修任务和装备作业能力以工时为衡量指标, 汽车抢救车以装备平均后送速度为作业能力; 3) 计算维修任务总量; 4) 计算汽车修理车、汽车抢修车和汽车抢救车单车作业能力; 5) 确定装备和人员数量。具体计算流程见图 1。

计算得到汽车抢修车编配数量为 11 辆, 汽车修理车编配数量为 7 辆, 汽车抢救车编配数量为 6 辆。

### 4 结束语

笔者从车辆野战维修装备编配数量的问题描述入手, 根据保障的任务、单车维修能力、保障时间等约束条件, 构建了面向任务的车辆野战维修装备(汽车抢修车、汽车修理车、汽车抢救车)编配数量模型, 并利用 Matlab 编程进行示例仿真计算, 计算结果为装备保障部门进行车辆野战维修装备的编配提供了有益参考。

### 参考文献:

- [1] 舒华. 军用车辆装备维修保障术语[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部通用装备保障部, 2009.
- [2] 于坤炎, 皮俊, 黄韬. 基于目标规划模型的军用挂车预计编配比例分析[J]. 军事交通学院学报, 2010, 12(1): 43-46.
- [3] 刘文宝, 王少华, 孟祥辉, 等. 基于遗传算法的装备维修任务规划[J]. 兵工自动化, 2010, 29(11): 23-26.
- [4] 张春润, 曹会智. 车辆装备保障指挥学[M]. 北京: 解放军出版社, 2005: 95-97.
- [5] Bryson N. An action learning evaluation procedure for multiple criteria decision making problems[J]. European Journal operational Research, 2003, 53: 206-216.
- [6] 王登山, 黄金元, 高崎, 等. 依据装备战损率的装备损坏率预计[J]. 兵工自动化, 2007, 26(10): 5-6.
- [7] 巴威. 机步师战时车辆野战维修装备编配研究[D]. 天津: 军事交通学院, 2009, 12: 40-41.
- [8] 姚志龙, 汪伦根, 姚春柱, 等. 基层级装备野战维修保障能力分析[J]. 兵工自动化, 2009, 28(4): 24-25.
- [9] 杨建军, 龙光正, 赵保军. 武器装备发展论证[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009, 7: 14-18.
- [10] 刘增勇, 欧阳欢, 俞雁华, 等. 车辆野战维修装备维修质量管理分析[J]. 四川兵工学报, 31(5): 45.
- [11] 张德丰. Matlab 语言高级编程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010(1): 30-35.