

doi: 10.7690/bgzdh.2016.08.020

基于任务需求的装备维修人员配置优化

韩朝帅, 王 坤, 潘恩超, 刘瑞起

(防化研究院装备保障研究室, 北京 102205)

摘要: 针对当前装备维修人员配置存在一定的滞后性和不确定性, 提出基于任务需求的装备维修人员确定方法。从维修人员确定过程、维修任务需求分析和维修人员确定原则 3 个方面对维修人员配置进行分析; 在此基础上, 分别提出维修人员类别确定方法和维修人员数量确定模型, 采用 Agent 仿真优化的方式得到装备维修人员配置最优解; 并以某建制单位为例进行实例分析。结果表明: 该方法是合理、可行的, 可为相关研究提供参考。

关键词: 维修人员; 任务需求; 仿真优化

中图分类号: TJ07 **文献标志码:** A

Equipment Serviceman Configuration Optimization Based on Mission Requirements

Han Chaoshuai, Wang Kun, Pan Enchao, Liu Ruiqi

(Equipment Support Laboratory, Chemical Defense Research Institute, Beijing 102205, China)

Abstract: Aiming at the certain lag and uncertainty of equipment serviceman configuration, put forward an equipment serviceman determine method based on mission requirements. Analyze serviceman configuration in three aspects: the deterministic process of serviceman, maintenance mission requirements analysis, and the determining principle of serviceman. Secondly, on the basis of analysis of the serviceman configuration, respectively proposing the serviceman category determine method and the serviceman number determine model, Using Agent simulation optimization to get the optimal solutions of equipment serviceman configuration. Verify the method by unit application. Finally, the result shows the method is feasibly and rationally. It can give reference for related research.

Keywords: serviceman; mission requirements; simulation optimization

0 引言

当前, 信息技术、材料技术等高新技术不断被应用到我军武器装备中。装备的性能和结构模块化、集成化程度越来越高, 给部队装备维修保障带来了很大的挑战。另外, 随着我军维修保障体制和维修作业体系改革的不断深入, 原有的维修保障资源配置与瞬息万变的战场形势相比存在很大的滞后性和不确定性; 因此, “人”作为维修保障的主体, 如何确定装备维修人员的类型和数量, 合理配置, 具有非常重要的研究意义。

常用的装备维修人员确定方法有排队论法^[1]、灰色预测法^[2]、动态规划法^[3]、基于能力形成的方法^[4]和基于工作次序的方法^[5]等。预防性维修是装备保持功能状态的主要手段之一^[6], 而排队论法是基于装备故障率和平均修复时间来确定装备人员数量, 不适用于预防性维修中维修人员的确定; 随着装备复杂程度逐渐提高, 灰色预测法和动态规划法在维修人员数量确定上精确度大大降低; 基于能力形成的方法和基于工作次序的方法适用于舰船、飞

机等大型武器装备单位, 不适用于装备种类型号繁杂的部队单位。笔者在前人研究的基础上, 分析利弊, 提出基于任务需求的装备维修人员确定方法, 并以修理工工时利用率^[7]和全年维修总工时为指标, 实现维修人员的优化配置。

1 维修人员配置分析

1.1 维修人员确定过程

维修人员的确定主要包括 2 方面: 一是维修人员专业类别、技术等级的确定; 二是维修人员数量的确定。这就需要对目标单位的维修任务需求进行分析, 通常是按照维修要求对维修工作任务进行分类, 对各类维修任务进行分析, 制定维修计划, 进而确定目标单位年维修工时和各专业年维修工时。通过维修任务需求分析, 结合维修人员确定模型和目标单位年度, 可利用工作日、每日维修工时、修理工工时利用率等参数, 按该单位装备保障维修人力资源要求进行 Agent 仿真优化, 最终得到该单位维修人员的最优配置。维修人员确定过程如图 1。

收稿日期: 2016-04-05; 修回日期: 2016-05-30

作者简介: 韩朝帅(1993—), 男, 山西人, 硕士, 助理工程师, 从事装备综合保障研究。

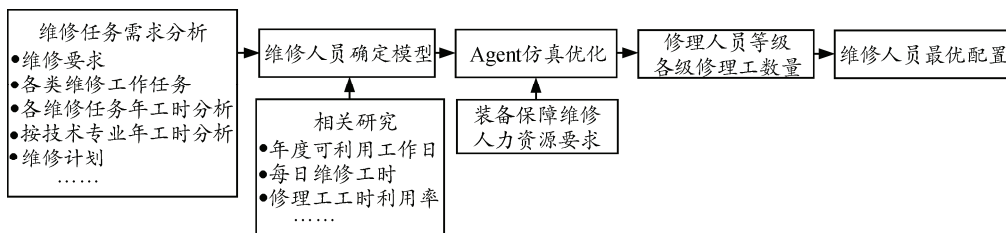


图 1 基于任务需求的装备维修人员确定过程

1.2 维修任务需求分析

维修人员的确定与维修任务密不可分，装备维修任务^[8]指装备在使用过程中出现或即将出现故障时，按规定的流程和规范确定其维修方案、修理级别、维修策略和维修方式，并按计划进行维修和管理，使装备恢复到规定功能状态的过程。根据维修的目的和时机，一般分为修复性维修、预防性维修和改进性维修 3 种类型。修复性维修是指装备或部件发生故障后，使其恢复到规定状态所进行的维修活动；预防性维修是指通过对装备检查、检测，发现故障征兆以防止故障发生，使装备保持在规定状态所进行的维修活动，其可分为定期维修、视情维修、预先维修和功能检查等维修类别^[9]；改进性维修是指利用完成装备维修任务的时机，通过批准对装备进行改进和改造的过程，旨在提高装备战术技术性能、可靠性、维修性和保障性等，或使之适合高原、严寒等地带。根据装备的维修类别和一般过程可知，视情维修、预先维修、功能检查和改进性维修对维修人员的需求量小，故只需确定装备在修复性维修和定期维修的任务量即可。

1.2.1 修复性维修任务量确定

决定修复性维修的主要因素有装备正常故障率、装备执行任务的时间和投入执行任务的装备数量。根据其之间的关系，建制单位修理部门的修理任务量计算公式为：

$$M_x = \sum_{i=1}^n M_{ix} = \sum_{i=1}^n (M_{ix1} + M_{ixc}) = \sum_{i=1}^n N_i T_i (\lambda_{i1} + \lambda_{ic}) \quad (1)$$

式中： M_x 为年度修复性维修任务量； M_{ix} 为 i 类装备修复性维修任务量； M_{ix1} 为 i 类装备一般故障修复任务量； M_{ixc} 为 i 类装备致命故障修复任务量； N_i 为执行任务的 i 类装备数量； T_i 为 i 类装备年度工作时间； λ_{i1} 为 i 类装备发生一般故障的故障率； λ_{ic} 为 i 类装备发生致命故障的故障率； n 为该单位装备种类数。

1.2.2 定期维修任务量确定

对于大部分装备而言，定期维修是一项周期性工作，其主要包括装备的等级大修、试大修、等级中修、试中修、技术支援和日常维护保养等。我军通常是根据其预防性维修间隔期，于每年年初对本年度装备定期维修情况进行计划，故在维修间隔期一定的情况下，定期维修任务量计算公式为

$$M_p = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n m_{ij} \quad (2)$$

式中： M_p 为建制单位定期维修任务量； m_{ij} 为按计划该年度 i 类装备实施 j 型维修的装备数量； r 为装备定期维修类别数； n 为建制单位装备种类数。

1.3 维修人员确定原则

在确定维修人员专业类型、技术等级及其数量时，必须遵守以下原则：一是满足平时及战时维修工作原则；二是满足日常装备的使用维修需求原则；三是与类似装备的使用维修人员需求相一致原则；四是符合部队各维修级别维修人员编制原则；五是符合所属部队专业设置及培训规模原则。

2 维修人员确定模型

2.1 维修人员类型确定

人员的类型确定主要涉及人员的专业及技术等级。对于人员类型的确定，依据保障性分析的结果，如维修工作类型、维修工作间隔期和维修工作时机等信息，参考装备日常人员配置合理与不合理之处以及类似装备的人员配置模式，采用不同的确定方法可以确定主要的人员类型。确定人员类型的方法很多，最常用的有综合研讨法和头脑风暴法等^[10]，但相对而言准确度较低，操作也比较复杂，笔者拟采用相似系统法^[11]作为人员类型确定方法。

相似系统法作为一种定性的分析方法，不可避免地存在着一定的局限性，在人员数量的具体确定上存在较大的困难，但在确定人员类型上，它却是一种快速而有效的方法。其基本思路是：分析人员首先选定与待定装备比较相似的装备，进而根据相

似装备的保障人员类型选择情况确定待定装备的保障人员类型。根据具体情况，可以选择相似的整装备，也可以选择装备中的相似系统，甚至是具体的某子系统。相似装备的选取以专业分类作为基准，以某类专业为准，确定待定装备的相似系统，即基准比较系统。比如某××型防化喷洒车，对于防化装备军械修理工而言，A型喷洒车与××型喷洒车的上装系统非常相似，确定的相似装备是A型喷洒车；而对于底盘修理工而言，确定的相似装备是B型喷洒车，即B型喷洒车与××型喷洒车的底盘系统非常相似。确定相似系统时，必须具备以下内容：

- 1) 与待定装备相似的装备结构、功能；
- 2) 与待定装备相似的维修级别；
- 3) 与待定装备相似的工作任务量；
- 4) 与待定装备相似的年维修次数；
- 5) 与待定装备较为相似的装备数量；
- 6) 与待定装备较为相似的人员编制情况。

一般状况下，对于新入役装备，以整装备作为相似系统来确定人员类型是非常不准确的，故通常将待定装备划分为足够小的局部系统，并为各个局部系统在整个装备系统局部系统范围内寻找相似系统，并依据相似系统的人员类型配置状况决定待定装备各个局部系统的人员类型状况，进而予以权衡分析，确定待定装备整体的人员类型状况。

2.2 维修人员数量确定模型

当前，随着装备模块化、集成化水平的不断提高，我军装备两级维修作业体系不断完善，直接计算法、分析计算法在维修人员数量确定上精确度下降明显，笔者依据维修任务需求工时与维修人员有效工时相等的关系，采用比较能科学客观反映实际需求的利用率分析法来确定维修人员的数量。预测结果应结合我军部队维修人员文化层次实际情况，在编制数内进行适当调整。

2.2.1 确定修理部门某专业修理人员的年总工时

- 1) 确定维修次数。

由式(1)和式(2)，可得到该修理部门的维修次数：

$$N = \sum_{i=1}^n N_i T_i (\lambda_{i1} + \lambda_{ic}) + \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n m_{ij} \quad (3)$$

- 2) 确定单装备某次维修中某专业修理人员的总工时：

$$T_{1wk} = \sum_{i=1}^n R_{wk} \cdot t_{iwk} \quad (4)$$

式中： R_{wk} 为 w 专业第 k 级修理人员人数； n 为待修装备数量； i 为第 i 类装备； t_{iwk} 为该修理部门修理 i 类装备需每名 w 专业第 k 级修理人员的维修工时。

- 3) 确定该修理部门某专业修理人员的全年总工时：

$$T_w = \sum_{k=1}^l R_{wk} \cdot \left(\sum_{i=1}^n N_i T_i (\lambda_{i1} + \lambda_{ic}) \cdot t_{ijk} + \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n m_{ij} \cdot t_{iwp} \right) \quad (5)$$

式中： t_{iwx} 为每名 w 专业第 k 级修理人员对 i 类装备进行修复性维修工作的维修工时； t_{iwp} 为每名 w 专业第 k 级修理人员进行 p 等级修理时的维修工时。

2.2.2 利用率 ε 和 T_w 的预测

由维修任务需求工时与维修人员有效工时相等，可得

$$\varepsilon = \frac{T_w}{ML \sum_{k=1}^l R_{wk}} \quad (6)$$

式中： M 为全年的工作日数量； L 为每天工作小时数； l 为 w 专业技术等级数。

又有

$$\sum_{k=1}^l R_{wk} \leq \bar{R}_w \quad (7)$$

式中 \bar{R}_w 为 w 专业修理人员数量限额。

根据式(5)~式(7)，采用Agent仿真求最优的方式，求得利用率 ε 达标，且人员编成适于部队实际情况下，维修总工时 T_w 的最小解，即为维修人员配置的最优解。

2.2.3 确定该修理部门全年所需修理工的数量

修理部门全年所需修理工的数量，如下式：

$$R = \mu_1 \sum_{w=1}^s \sum_{k=1}^l R_{wk} \quad (8)$$

式中： R 为修理人员的数量； s 为表示该型装备的专业数； μ_1 为权衡系数(一般取值在1~1.5之间)，由于每年修理的任务量不同，可以根据每年的大修、中修或小修实际情况而定。

3 实例分析

为验证维修人员配置方法的科学性和合理性，以某建制单位A团5种装备为例，分析确定其修理部门需底盘修理工级别和人数。假定5种装备分别为I型装备、II型装备、III型装备、IV型装备和V

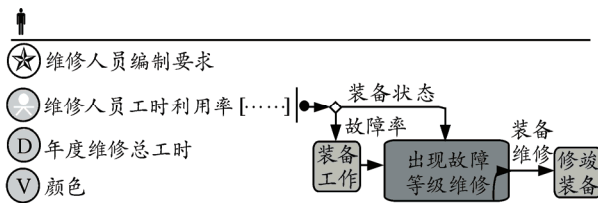
型装备,其装备数量和某年度修理计划情况如表 1。

表 1 A 团装备数量和年度修理计划情况

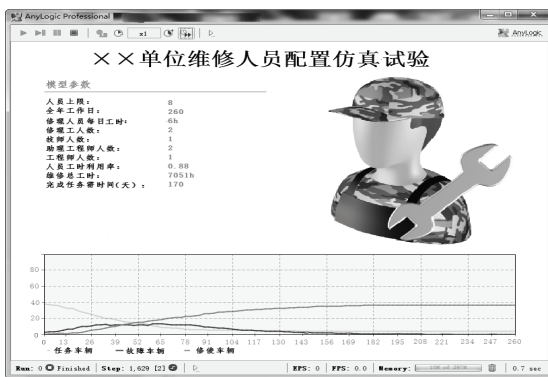
| 装备类型 | 底盘故障率 (一般/致命) | 训练装备数 | 大修数 | 中修数 |
|-------|------------------|-------|-----|-----|
| I 型 | 0.005/0.000 1 | 6 | 1 | 1 |
| II 型 | 0.004/0.000 1 | 4 | 0 | 1 |
| III 型 | 0.005/0.000 1 | 8 | 1 | 2 |
| IV 型 | 0.004/0.000 1 | 8 | 2 | 1 |
| V 型 | 0.005/0.000 1 | 10 | 1 | 1 |

根据相似系统原理,5 型装备底盘基本采用我军 3 代装备技术,故根据其结构、功能特点,以及修理部门执行修理任务级别,拟需底盘修理人员 4 个技术等级编制:修理工、技师、助理工程师、工程师。

本案例假设底盘修理人员编配不得超过 8 人,人员工时利用率适宜值^[12]为 $\varepsilon \in [0.70, 0.85]$,则根据式 (5)~式 (7),按全年工作日 260 d、每天工作时间为 6 h、装备执行任务时间为每个工作日 2~4 h 随机分布。采用 Anylogic 软件进行仿真试验,仿真流程和试验结果如图 2~图 3 所示,进而得到全年维修总工时最小值的情况下各级修理人员的人数。



(a) 仿真试验构架



(b) 仿真试验流程

图 2 仿真试验构架及流程

由图 3 可知:当修理工为 3 人、技师为 2 人、助理工程师为 1 人、工程师为 1 人时,人员配置最为合理,修理人员工时利用率达 0.78,全年维修总工时为 6 552 h。

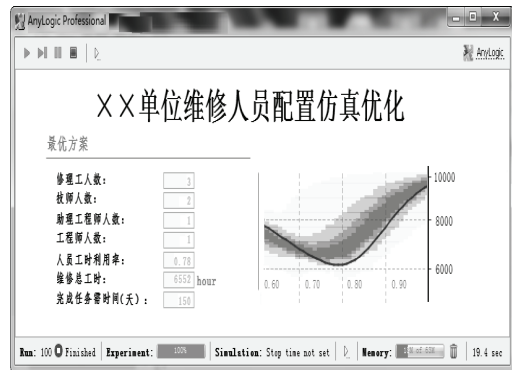


图 3 仿真试验优化流程

4 结束语

笔者着眼新形势下装备维修保障体制和维修作业体系改革,针对当前维修人员配置的滞后性和不确定性,提出基于任务需求的装备维修人员配置优化方法,并以某建制单位为例,验证了该方法的可行性和合理性,具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 杨光辉, 宋建社, 屈晓荣. 基于排队论的装备维修人员数量需求模型[J]. 指挥控制与仿真, 2007, 29(2): 116-120.
- [2] 宋雪静. 基于灰色理论的船舶工程技术人才需求分析[J]. 山东轻工业学院学报, 2011(4): 85-87.
- [3] 王新田, 尹树华, 李江红, 等. 维修员工数量配置的优化模型[J]. 电子设计工程, 2010, 18(5): 12-14.
- [4] 罗明洋, 刘通. 部队装备维修人员需求模型研究[J]. 装备学院学报, 2013, 24(2): 44-47.
- [5] 侯莉莉, 姚玉南, 范世东, 等. 基于船舶大修的人力资源配置优化研究[J]. 武汉理工大学学报, 2011, 35(2): 325-328.
- [6] 徐航, 陈春良. 装备精确保障概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 102-105.
- [7] 张航江. 部队装备管理概论[M]. 北京: 国防大学出版社, 2010: 54-65.
- [8] 李韶亮, 陈云翔, 蔡忠义, 等. 基于排队论的内场维修设备数量确定方法[J]. 数学的实践与认知, 2014, 44(11): 147-152.
- [9] 任敏, 陈全庆, 沈震, 等. 备件供应学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 78-81.
- [10] 常文兵, 肖依永, 陈国柱. 面向预定维修次序的人力资源配置优化研究[J]. 飞机设计, 2008, 28(5): 71-75.
- [11] 文传源. 综合仿真系统与综合相似理论的探索[J]. 系统仿真技术, 2005, 1(1): 1-7.
- [12] 丁玉兰, 程国萍. 人因工程学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2013: 120-130.