

# 基于指数法的装备维修保障系统效能评估模型

黄建新, 娄寿春, 张志峰

(空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800)

**摘要:**建立了装备维修保障系统效能评估指标体系,利用指数法对其3个组成要素——维修检测系统、备件保障系统和修复技术设备保障系统进行效能分析,构造出装备维修保障系统的效能评估模型;有利于对其效能进行全面、具体的评价,从而方便、快速地确定出其维修保障水平。

**关键词:**装备;指数法;维修保障系统;效能评估;模型

**中图分类号:** TJ07      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3516(2006)01-0039-04

建立或完善维修保障系统是贯穿于装备研制、采购、使用各阶段的重要任务,因此,对装备维修保障系统效能正确评估是装备维修保障工作的一项重要内容。指数法<sup>[1]</sup>是通过所建立的各个综合分析模型对武器装备的各种能力进行分析与综合,从而获得单一指数的综合分析方法。运用此方法可对装备维修保障系统的效能进行快速分析和评估,为确定其维修保障水平,提供了较为科学的评估方法。

## 1 装备维修保障系统的评估目的及评估指标体系

### 1.1 评估目的

装备维修保障系统评估总的目的是评估系统(方案)的效能,以便修改、完善维修保障系统,保证其与主装备匹配、有效而经济地运行。除保障系统建立过程中主要是通过分析、预测进行评估外,在列装部署早期(1~3年)要对保障系统进行全面评估,以评估装备的战备完好性和系统的保障能力,确定补救完善措施;在部署后5~10年,也需对装备及其保障系统进行评估,研究装备及保障系统是否需要改进或改型。

### 1.2 评估指标体系

评估工作的目的性主要由评估指标体现。由于维修保障系统涉及多种属性,为了反映评估目的,需要明确评估目标体系。不同的装备,其维修保障系统的目标也略有不同,如在某种装备维修保障系统的评估目标体系中<sup>[2]</sup>,总的目标是保证装备使用,保证部队作战、训练和战备需要,而提高综合维修保障能力、提高快速抢修能力和提高应急保障能力是其主要目标。

评估指标是系统目标的具体反应。从系统分析入手,采用AHP方法,通过分析影响装备维修保障系统效能的主要因素,可知形成装备维修保障系统效能的主要能力有:维修保障能力指数、备件保障能力指数和修复技术设备保障能力指数,再将这些主要能力分解形成各能力的主要性能指标,根据这一原则,在广泛征求有关专家意见的基础上,可建立装备维修保障系统效能评估指标体系层次结构,见文献[3]。

## 2 效能评估模型

### 2.1 维修保障系统效能指数评估模型

收稿日期:2005-04-15

基金项目:国防科技预研基金资助项目(41327040201)

作者简介:黄建新(1969-),男,甘肃临夏人,工程师,博士生,主要从事武器装备管理与决策支持研究;

娄寿春(1940-),男,河北清县人,教授,博士生导师,主要从事军事运筹分析与装备保障研究;

张志峰(1961-),男,陕西礼泉人,教授,博士生导师,主要从事武器装备管理与决策支持研究。



维修保障系统的效能高低取决于其完成维修保障任务的能力大小,即将待维修装备转变为技术状态符合规定要求的装备的能力,分为3个子系统:①维修检测系统,主要用于完成对装备的维修、检测任务;②备件保障系统,主要用于完成对装备维修所需的备件保障任务;③修复技术设备保障系统,主要用于完成对装备进行修复时所需的设备保障任务。

由于这3个子系统都是构成装备维修保障系统综合体的一个不可缺少的组成部分,维修保障时基本上是彼此独立地履行各自的任务,使用具有相对的独立性,不会互相影响,因此,可采用加权和法作为装备维修保障系统效能评估的数学模型<sup>[4]</sup>,即

$$E_{WB} = w_1 E_{WJ} + w_2 E_{BJ} + w_3 E_{XS}$$

式中: $E_{WB}$ 为装备维修保障系统的效能指数; $E_{WJ}$ 、 $E_{BJ}$ 、 $E_{XS}$ 分别为维修检测系统、备件保障系统和修复技术设备保障系统的效能指数; $w_1$ 、 $w_2$ 、 $w_3$ 为3个子系统对于装备维修保障系统总体效能的权重。

装备维修保障系统中各分系统的权重及下述分系统中的基本指标和因素层指标权重的确定可根据AHP方法确定<sup>[5]</sup>,这里不再赘述。

## 2.2 维修检测系统效能指数

### 2.2.1 能力层指标效能指数

装备维修检测系统的维修保障能力是维修检测系统完成装备维修保障任务的能力度量,即维修保障能力指数,其维修保障能力可进一步分解为维修资源保障能力、维修管理能力、维修活动有效性和战时抢修能力。其评估模型为

$$E_{WJ} = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i (1 - E_i)^2}$$

式中: $E_i$ 为当 $n=4$ 时, $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$ 、 $E_4$ 分别为维修资源保障能力、维修管理能力、维修活动有效性和战时抢修能力的效能指数; $w_i$ 为当 $n=4$ 时, $w_1$ 、 $w_2$ 、 $w_3$ 、 $w_4$ 分别为这4种能力对维修保障能力指数的权重。

### 2.2.2 基本指标效能指数

对维修保障能力效能指数的评估值采用线性加权法求得,即

$$E_j = \sum_{j=1}^m w_j E_j$$

式中: $m$ 为下层指标个数; $E_j$ 为基本指标的效能指数; $E_j$ 为第 $j$ 个下层指标的效能指数; $w_j$ 为第 $j$ 个下层指标的权重。

### 2.2.3 因素层指标效能指数

维修保障能力的因素层指标具体计算模型<sup>[3]</sup>为:①维修经费到位率 $E = C_d/C_y$ ,式中: $C_d$ 为实际到位的维修经费; $C_y$ 为预算维修经费。②维修设备、设施配套率 $E = Q_s/Q_n$ ,式中: $Q_s$ 为已配套的维修设备、设施台(件)数; $Q_n$ 为维修设备、设施总台(件)数。③维修人员素质水平 $E = \sum_{i=1}^2 \omega_i Q_i$ ,式中: $Q_1$ 为数量因子; $Q_1 = Q_p/Q_n$ ; $Q_p$ 为实际配备的维修人员数量; $Q_n$ 为应该配备的维修人员数量; $Q_2$ 为素质因子,由专家打分法给出; $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 依次为数量因子、素质因子的权重。④维修技术资料完整性 $E = Z_p/Z_g$ ,式中: $Z_p$ 为现有的维修技术资料份数; $Z_g$ 为应有的维修技术资料份数。⑤维修机构设置合理性、维修理论的先进性、维修制度的合理性、维修管理的自动化水平、维修技术与工艺的先进性、抢修体制的完善性,这6个指标为定性指标,可用专家打分法确定。⑥故障检测能力 $E = G_{SJ}/G_{SP}$ ,式中: $G_{SJ}$ 为根据统计值,实际检测到的故障数; $G_{SP}$ 为实际发生的故障数。⑦故障定位能力 $E = G_{SD}/G_{SP}$ ,式中: $G_{SD}$ 为实际定位到的故障数; $G_{SP}$ 同上。⑧抢修方(预案)的有效性 $E = Y \cdot T_x$ ( $Y=1$ ,已制定抢修方、预案, $Y=0$ ,尚未制定抢修方、预案),式中: $T_x$ 为抢修方(预案)是否适用,为定性指标,可用专家打分法确定。⑨机动抢修能力 $E = E_1 E_2$ , $E_1 = Q_{ch}/Q_{yp}$ , $E_2 = B_{yj}/B_{yg}$ ,式中: $E_1$ 为抢修工程车的配备比; $E_2$ 为抢修工程车中的设备配备比; $Q_{ch}$ 已配备的抢修工程车数量; $Q_{yp}$ 应配备的抢修工程车数量; $B_{yj}$ 为实际配备抢修工程车上的设备数量; $B_{yg}$ 为应配备抢修工程车上的设备数量。

## 2.3 备件保障系统效能指数

其因素层指标效能指数的评定也可采用公式法或线性加权法,其具体计算模型<sup>[3]</sup>如下:

### 1) 备件筹措效率

$$E = \begin{cases} 1 - \frac{T_1}{T} (T_1/T) < 1 \\ 0 (T_1/T) \geq 1 \end{cases}$$

式中: $T_1$ 为订购延迟时间(月); $T$ 为订购周期。

#### 2) 备件合格率

$$E = Q_{hg}/Q_{cy}$$

式中: $Q_{hg}$ 为子样中合格品数量; $Q_{cy}$ 抽样子样的数量,应大于总数的十分之一。

#### 3) 订购费用保障率

$$E = E_{dg}/E_{yg}$$

式中: $F_{dg}$ 为实际订购费用; $F_{yg}$ 订购需求费用。

#### 4) 备件储存效率

$$E = \begin{cases} \frac{K_{cg}}{K_{yg}} (\frac{K_{cg}}{K_{yg}} < 1) \\ 1 (\frac{K_{cg}}{K_{yg}} \geq 1) \end{cases}$$

式中: $K_{cg}$ 为备件在周转期内的出库量; $K_{yg}$ 为备件在周转期内的入库量。

#### 5) 备件储存可靠性

$$E = 1 - K_{fp}/K_{zl}$$

式中: $K_{fp}$ 为特定时间内备件废品数; $K_{zl}$ 为特定时间内备件库总量。

#### 6) 储备费用到位率

$$E = F_{cb}/F_{cy}$$

式中: $F_{cb}$ 为到位的储存费用; $F_{cy}$ 为应该需要的储存费用。

#### 7) 备件供应保障能力

$$E = Q_{gy}/Q_{yg}$$

式中: $Q_{gy}$ 为实际供应备件数量; $Q_{yg}$ 为实际需求的备件数量。

#### 8) 备件适应率

$$E = Q_{sy}/Q_{gy}$$

式中: $Q_{sy}$ 为供应的备件适用的备件数; $Q_{gy}$ 同上。

#### 9) 备件供应费用到位率

$$E = F_{gy}/F_{yg}$$

式中: $F_{gy}$ 为实际到位的供应费用,包括运输、装卸、包装等费用; $F_{yg}$ 应该需要的供应费用。

### 2.4 修复技术设备保障系统效能指数

修复技术设备保障系统的保障能力是修复技术设备保障系统完成对装备进行修复时所需的设备保障任务的能力度量,即修复技术设备保障系统效能指数,其评估可参考美国工业界武器系统效能咨询委员会(WSEIAC)的ADC模型<sup>[6-7]</sup>。

若修复技术设备保障系统在开始进行维修保障时只有正常和故障两种状态,且在维修保障期间修复技术设备出现的故障不可修复,且修复技术设备多为电子设备,其故障、维修均呈指数分布,则

$$E_{XS} = ADC = (a_1, a_2) \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ 0 \end{bmatrix} = a_1 d_{11} c_1$$

式中: $a_1$ 为修复技术设备保障系统在开始维修保障时处于正常工作状态的概率(即修复技术设备保障系统可用度),且 $a_1 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$ ;  $d_{11}$ 为已知修复技术设备保障系统在开始维修保障时处于正常工作状态,在

维修保障过程中仍处于正常工作状态的概率(即修复技术设备保障系统可靠度),且 $d_{11} = e^{-\frac{t}{MTBF}}$ ;  $c_1$ 为修复技术设备保障系统对装备的保障能力指数;MTBF为修复技术设备保障系统平均故障间隔时间;MTTR为修复技术设备保障系统故障平均修复时间; $t$ 为修复技术设备保障系统的维修保障时间。修复技术设备保障系统对装备的保障能力指数可由修复技术设备的满足程度来体现,即由修复技术设备的满足率确定<sup>[8]</sup>,即 $c_1 = \eta = n/N$  式中: $\eta$ 为修复技术设备的满足率; $n$ 为该维修级别能够提供使用的修复技术设备数; $N$ 为需要该维修级别提供的修复技术设备数。



### 3 评估模型应用

根据装备维修保障系统效能评估的需求,按系统的构成与相互关系,以维修保障系统效能评估方法为基础,从系统分析出发,运用模拟技术、仿真技术和多种军事运筹学方法,在计算机上可建立适用于装备维修保障系统效能评估的工具型评估系统<sup>[3]</sup>,并通过该系统对维修保障能力、备件保障能力及修复技术设备保障能力进行评估,实现先进的维修保障效能评估理论和装备系统工程技术的有机结合,进一步说明装备维修保障系统效能评估方法的实际应用价值和可信性,为装备维修保障系统的使用保障提供了决策依据。

### 4 结束语

通过分析决定和影响装备维修保障系统效能的主要因素,建立了装备维修保障系统的评估指标体系,对其各组成要素——维修检测系统、备件保障系统和修复技术设备保障系统进行效能分析,构造出装备维修保障系统效能指数的评估模型,体现了指数法在评估武器装备效能方面的优势,为分析评估各种武器装备维修保障系统的总体效能提供了一个可供参考的度量标准和评估方法。

#### 参考文献:

- [1] 赵红强,张宏军. 基于指数法的防步兵地雷作战能力分析[J]. 工兵装备研究,2004,23(6):45-49.
- [2] 甘茂治,康建设,高崎. 军用装备维修工程学[M]. 北京:国防工业出版社,1999.
- [3] 甄涛,王平均,张新民. 地地导弹武器作战效能评估方法[M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [4] 李明,刘澎. 武器装备发展系统论证方法与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2000.
- [5] 李执力,刘一川,余旭东. 某型导弹武器系统保障资源评估模型[J]. 战术导弹技术,2004,(6):15-19.
- [6] 陈学楚. 现代维修理论[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [7] 谢春燕,李为民. 地面防空武器系统作战训练效能综合评估研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003,4(4):11-1.
- [8] 宋太亮. 装备综合保障实施指南[M]. 北京:国防工业出版社,2004

(编辑:田新华)

## A Model of Equipment Maintenance Support System Effectiveness Evaluation Based on Index Method

HUANG Jian - xin, LOU Shou - chun, ZHANG Zhi - feng

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

**Abstract:** In this paper, the effectiveness evaluating index system of equipment maintenance support system is established. The index method is employed in the effectiveness analysis of the three key parts included in the system - maintenance detective system, spare part support system and corrective technical equipment support system, and a model of equipment maintenance support system effectiveness evaluation is designed. The model is helpful to evaluating the effectiveness of equipment maintenance support system completely, concretely and deciding its maintenance support level easily and rapidly.

**Key words:** equipment; index method; maintenance support system; effectiveness evaluation; model