

# DHGF 法在气象水文战储备件组套包装中的应用研究

蔺东伟, 刘高飞

(解放军理工大学, 南京 211101)

**摘要:** 对战储备件实施组套包装是实现战储备件包装单元化的途径之一, 而备件品种和数量的确定是实现战储备件组套包装的前提。针对气象水文战储备件组套包装中备件品种确定的问题, 引入了 DHGF 集成算法。简要介绍了 DHGF 集成算法的理论基础及基本构成。从重要性、耗损性、经济性、包装特性 4 方面分析, 筛选出关键性、可得性、可靠性等 9 项评价指标, 应用 DHGF 集成算法构建了评价模型。通过对某型风廓线仪的功分器备件进行实例分析, 得出最终评价值为 7.4241, 表明 DHGF 集成算法在备件组套包装上应用的可行性、有效性。

**关键词:** DHGF 集成算法; 气象水文; 战储备件; 组套包装

**中图分类号:** TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)23-0092-05

## Application of DHGF Algorithms in Set Packaging of Meteorological and Hydrological Battle Storage Spare Parts

LIN Dong-wei, LIU Gao-fei

(PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China)

**Abstract:** Set packaging of battle storage spare parts was one way to realize unit packaging of battle storage spare parts and determination of the variety and number of battle storage spare parts is the premise to realize set packaging. Aimed at the problem of determining the variety of meteorological and hydrological battle storage spare parts in set packaging, DHGF integrated algorithms was applied. The basic theory and structure of DHGF integrated algorithms was introduced. 9 evaluation index, such as vitality, availability, and reliability, were screened from the aspects of importance, consuming, economy and packaging characteristic of spare parts. The evaluation model was constructed by using DHGF integrated algorithms. An example of power divider belonged to X-model wind profiler was given, and the last evaluation value was 7.4241, which showed that application of DHGF integrated algorithms in spare parts set packaging is feasible and effective.

**Key words:** DHGF integrated algorithms; meteorological and hydrological; battle storage spare parts; set packaging

气象水文战储备件主要是指为保障我军战时气象水文装备的完好性以及正常工作能力而提前储备的保障性物资, 是影响我军战时顺利完成气象保障任务的重要因素。如何合理科学地配置备件储备方案, 一直是我军后勤保障部门研究的重点问题。

气象水文战储备件的组套包装是指通过科学的论证和计算, 将同一装备的不同品种、数量的备件进行组套, 经过防护包装后, 按照某种合理的原则将其集装在一个或多个标准尺寸的外包装箱中(或托盘上), 从而形成一个易于搬运、储存等物流作业的包装

单元<sup>[1]</sup>。这样, 不仅实现了气象水文战储备件的单元化包装, 适于集装化, 便于装卸搬运、保管和运输<sup>[2]</sup>, 并且在战时遂行保障任务时, 针对不同的装备保障对象, 直接携行其相对应的包装单元即可, 便于快速请领和分发<sup>[3]</sup>。避免了将备件重新拆分、防护、包装、组套、集装等繁杂的工作, 真正实现了“储运装卸包装一体化”<sup>[4]</sup>, 有利于我军的精确化、快速化保障。

实现气象水文战储备件组套包装的前提之一是确定包装备件的品种。由于战时装备的维修多采用换件修理的方法, 需要换件修理但却没有储备该备

收稿日期: 2013-09-20

作者简介: 蔺东伟(1988-)男, 河南鹤壁人, 解放军理工大学研究生, 主攻气象水文装备质量管理。

件,将直接影响装备的作战能力,储备了不需要的备件,又将造成较大的经济损失<sup>[5]</sup>。由此,科学地确定备件种类,才能更好地实现备件储备的军事效益与经济效益的统一。目前,应用于确定备件种类的方法主要有价值工程法、模糊综合评判法、属性分析法等。如文献[3]中,利用价值工程法(VE)研究了油料装备维修零部件的配套包装,在确定配套包装零部件种类中,仅考虑了零部件的成本系数与价值系数,分析的因素不够全面<sup>[6]</sup>。鉴于战时备件的预测缺乏科学性、系统性和针对性<sup>[7]</sup>,且其需求具有较大的不确定性,文中采用 DHGF 集成算法对组套包装的备件种类进行了探讨。

## 1 DHGF 集成算法描述

DHGF 集成算法是在钱学森教授提出的“从定性到定量的综合集成方法”和顾基发教授提出的“物理—事理—人理(WSR)”方法的理论基础上,将改进的德尔菲法(Delphi)、层次分析法(AHP)、灰色关联法(Grey Correlation)、模糊评判法(Fuzzy)集合而成的<sup>[9]</sup>。

DHGF 集成算法扬长避短,能够充分地利用以上 4 种算法的成功之处,可以系统地、全面地对研究对象进行评价,在实践经验和科学理论相结合的基础上,将研究过程中难以量化、灰色、模糊的信息从定性转化为定量。该算法采用改进的德尔菲法构造研究对象的评价指标体系;通过层次分析法建立评价指标的递阶层次结构并求得各指标的权重系数;利用灰色关联法确定各指标的评估灰类及灰色统计数等;最后使用模糊评判法得出最终的评价结果<sup>[9]</sup>。

## 2 DHGF 集成算法模型的建立

### 2.1 筛选指标体系

根据研究的目的,遵循系统性、完备性的原则,对研究对象的各影响因素进行分析,并利用改进的德尔菲法进行匿名问卷,广泛咨询并统计分析相关专家意见,最终总结归纳出合理可行、简练使用的评价指标体系。

气象水文战储备件的最终目的是满足战时气象水文装备的换件维修。影响备件品种决策的因素很多,结合相关专家的意见,从以下 4 个主要方面进行

考虑,筛选出 9 项指标。

#### 2.1.1 重要性 $A_1$

关键性  $B_1$ :反映了该备件在装备系统中所起的作用以及对系统性能影响程度的大小,可分为关键件、重要件、一般件<sup>[10]</sup>。越是关键的备件,它的失效对装备的作战能力影响越大,越是应当储备。

可得性  $B_2$ :指在战时获取该类备件的难易程度。对于供应渠道较多,生产周期短且通用性强的备件,其在战时获取较容易,可适当减少该类备件的储备;而对于进口件,战时由于国际关系因素的影响可能不易获得,因此该类备件应进行适当的储备,此外对于生产周期长,构造复杂且非标准件的备件也应进行适当的储备。

#### 2.1.2 耗损性 $A_2$

可靠性  $B_3$ :备件的可靠性是影响备件耗损性的主要因素之一,可靠性越高,备件故障率越低,其耗损也就越小;反之,可靠性越低,故障率越高,耗损也就越大。

工作环境  $B_4$ :备件的工作环境包括装备工作的自然环境及备件在装备系统内部的工作环境。其中,自然环境主要指环境的温度、湿度、盐度及气压等;备件在装备系统内部的工作环境与装备的机构、工作机理等相关,例如,当一个部件失效后,由于系统内部部件之间相关联,也会对其他部件造成影响。

管理水平  $B_5$ :指管理人员的因素对备件耗损的影响。由于管理人员的心理素质、技术水平等的影响,可能会出现一定的差错或误操作,造成备件耗损的增加。

#### 2.1.3 经济性<sup>[10]</sup> $A_3$

经济成本  $B_6$ :备件储备在保证军事效益的前提下,应当适当的控制经济成本。备件储备的经济成本一般包括购置费、储存费、管理费等。

可修复性  $B_7$ :可修复性反映了备件可被修复至正常状态的能力,可修复性强的备件在一定程度上减少了备件的储备费用,提高了经济性。通常可采用平均修复时间(MTTR)来衡量备件的可修复性。

#### 2.1.4 包装特性<sup>[11]</sup> $A_4$

尺寸与质量  $B_8$ :该因素主要影响包装容器的类型和大小,对于尺寸或质量较大的备件,应当实行单件包装,而不适用于组套包装。

化学特性  $B_9$ :主要是指备件的危险性、腐蚀性、分解性等。具备这类化学特性较强的备件,若因内包

装损坏造成泄漏,必将会对其他组套包装的备件造成一定程度的污染。

2.2 构建评价指标体系

以组套包装备件为目标层,重要性、耗损性、经济性、包装特性为准则层,以上述分析的 9 项因素为指标层构建指标体系的递阶层次结构,见图 1。

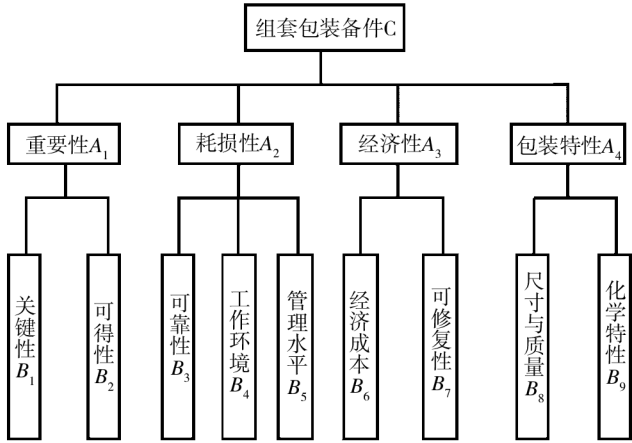


图 1 指标体系的递阶层次结构

Fig. 1 The hierarchical structure of index system

2.3 确定评价指标权重

DHGF 算法采用层次分析法确定各指标的权重。根据相关专家对各项评价准则、评价因素的相对重要性的判定,构造判断矩阵,相对重要性的判定采用“两两比较法”,利用 Seaty 原则进行赋值,见表 1。

表 1 Seaty 原则对照

Tab. 1 Contrast of Seaty principle

| 标度值 | $B_i$ 与 $B_j$ 指标比较 | 含义                  |
|-----|--------------------|---------------------|
| 1   | $B_i$ 与 $B_j$ 同等重要 | $B_{ij} = B_{ji}$   |
| 3   | $B_i$ 与 $B_j$ 稍微重要 | $B_{ij} = 3B_{ji}$  |
| 5   | $B_i$ 与 $B_j$ 明显重要 | $B_{ij} = 5B_{ji}$  |
| 7   | $B_i$ 与 $B_j$ 强烈重要 | $B_{ij} = 7B_{ji}$  |
| 9   | $B_i$ 与 $B_j$ 极端重要 | $B_{ij} = 9B_{ji}$  |
| 倒数  |                    | $B_{ij} = 1/B_{ji}$ |

注:2,4,6,8 表示相邻判断的中间值。

根据各判断矩阵,采用和法可得各指标的权重如式(1),并对判断矩阵进行一致性检验如式(2)—(3),当判断矩阵的随机一致性比率满足  $CR < 0.1$  时,表明各指标权重分配合理,否则需重新构建判断矩阵。

$$A_i W_i = \lambda_{\max} W_i \tag{1}$$

式中: $\lambda_{\max}$  为矩阵的最大特征值; $W_i$  为相应的特征向量; $A_i$  为判断矩阵。

一致性检验:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3}$$

式中: $n$  为判断矩阵的阶数; $RI$  为平均一致性值,见表 2。

表 2 一致性指标 RI

Tab. 2 Consistency index RI

| 阶数 $n$ | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------|------|------|------|------|------|
| $RI$   | 0    | 0    | 0.52 | 0.89 | 1.12 |
| 阶数 $n$ | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| $RI$   | 1.26 | 1.36 | 1.41 | 1.46 | 1.49 |

2.4 计算单因素模糊评价权矩阵 R

2.4.1 确定评价量样本矩阵

请  $l$  位专家对某组套备件进行评价,设第  $r$  位专家对第  $i$  个指标的评价值样本为  $d_{ri}$ ,评价值在 1 ~ 10 间取值,评价值越高,表示该备件的该项指标越符合要求。评价量样本矩阵可表示为:

$$D = (d_{ri})_{l \times n} = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{l1} & d_{l2} & \cdots & d_{ln} \end{bmatrix} \tag{4}$$

2.4.2 确定评估灰类

确定评估灰类包括对评价灰类等级数、灰类的灰数、灰数的白化权函数的确定。常用的白化权函数有下列 3 种<sup>[12]</sup>。

1) 上端级(第 1 灰类, $e = 1$ ),灰数为  $\otimes \in [d_1, \infty]$ ,其白化权函数为:

$$f_1(d_{ri}) = \begin{cases} \frac{d_{ri}}{d_1} & d_{ri} \in [0, d_1] \\ 1 & d_{ri} \in [d_1, \infty] \\ 0 & d_{ri} \notin [0, d_1] \end{cases} \tag{5}$$

2) 中间级(第 2 灰类, $e = 2$ ),灰数为  $\otimes \in [0, 2d_2]$ ,其白化权函数为:

$$f_2(d_{ri}) = \begin{cases} \frac{d_{ri}}{d_2} & d_{ri} \in [0, d_2] \\ 2 - \frac{d_{ri}}{d_2} & d_{ri} \in [d_2, 2d_2] \\ 0 & d_{ri} \notin [0, 2d_2] \end{cases} \tag{6}$$

3) 下端级(第 3 灰类, $e = 3$ ),灰数为  $\otimes \in [0,$

$2d_3]$ ,其白化权函数为:

$$f_3(d_{ri}) = \begin{cases} 1 & d_{ri} \in [0, d_3] \\ \frac{2d_3 - d_{ri}}{2d_3 - d_3} & d_{ri} \in [d_3, 2d_3] \\ 0 & d_{ri} \notin [0, 2d_3] \end{cases} \quad (7)$$

式中: $d_i$  为相对阈值,可取样本矩阵中的最大值、中间值、最小值分别作为上限、中间值和下限。

根据灰数白化权函数可求出  $d_{ri}$  属于  $e$  类评价标准的权  $f_e(d_{ri})$ ,继而求出评判矩阵的灰色统计数  $x_{ie}$  和总灰色统计数  $x_i$ :

$$x_{ie} = \sum_{i=1}^n f_e(d_{ri}), x_i = \sum_{e=1}^m x_{ie} \quad (8)$$

令  $r_{ie} = x_{ie}/x_i$  为第  $r$  位专家对第  $i$  个评价因素主张第  $j$  类评价标准的灰色权值,则由  $r$  可构成单因素模糊评价权矩阵  $R, R = (r_{ie})_{i \times e}$ 。

2.5 计算评价结果

由指标权重矩阵  $W$  与单因素模糊评判矩阵  $R$  复合运算可得到模糊综合评判矩阵:

$$A = W * R \quad (9)$$

然后利用  $C = A * V$  可得最终评价结果,其中  $V$  为评价等级矩阵。 $C$  值越大,则表明对该备件进行储备并采用组套包装效果越好。

3 实例分析

以某型号的风廓线仪的功分器为例,利用 DHGF 模型对其进行分析。

3.1 确定指标权重

通过向专家咨询并结合装备实践构建指标层的判断矩阵,见表 3。

表 3 判断矩阵  
Tab.3 Compcorision matrix

| $O$   | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $A_1$ | 1     | 2     | 3     | 3     |
| $A_2$ | 1/2   | 1     | 2     | 2     |
| $A_3$ | 1/3   | 2/3   | 1     | 1     |
| $A_4$ | 1/3   | 2/3   | 1     | 1     |

利用和式法可求得备件重要性、耗损性、经济性、包装特性的权重为:

$$W_A = (0.4451, 0.2582, 0.1484, 0.1484)$$

经一致性检验得  $CR = 0.0594 < 0.1$ , 知判断矩阵

满足一致性检验。类似地采用同样的方法可求得各个指标的权重,见表 4。

表 4 指标的权重  
Tab.4 Index weight

| 指标    | $A_1$  | $A_2$  | $A_3$  | $A_4$  | 总权重    |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 层     | 0.4451 | 0.2582 | 0.1484 | 0.1484 | $W_0$  |
| $B_1$ | 0.75   | 0      | 0      | 0      | 0.3338 |
| $B_2$ | 0.25   | 0      | 0      | 0      | 0.1113 |
| $B_3$ | 0      | 0.6334 | 0      | 0      | 0.1635 |
| $B_4$ | 0      | 0.2605 | 0      | 0      | 0.0673 |
| $B_5$ | 0      | 0.1061 | 0      | 0      | 0.0274 |
| $B_6$ | 0      | 0      | 0.75   | 0      | 0.1116 |
| $B_7$ | 0      | 0      | 0.25   | 0      | 0.0372 |
| $B_8$ | 0      | 0      | 0      | 0.5    | 0.0742 |
| $B_9$ | 0      | 0      | 0      | 0.5    | 0.0742 |

3.2 取得评价样本量矩阵

请 5 位专家对功分器的各项指标进行评价,评价采用 10 分制,得到的专家评价样本量矩阵见表 5。

表 5 专家样本量矩阵  
Tab.5 Sample of matrix of expert assessment

|       | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ | $E_4$ | $E_5$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $B_1$ | 8     | 8     | 9     | 9     | 9     |
| $B_2$ | 6     | 8     | 9     | 8     | 7     |
| $B_3$ | 8     | 9     | 8     | 9     | 8     |
| $B_4$ | 6     | 8     | 6     | 7     | 7     |
| $B_5$ | 6     | 7     | 4     | 5     | 2     |
| $B_6$ | 8     | 7     | 6     | 8     | 6     |
| $B_7$ | 8     | 6     | 8     | 7     | 8     |
| $B_8$ | 8     | 7     | 9     | 6     | 7     |
| $B_9$ | 7     | 7     | 9     | 8     | 6     |

基于 WRS 思想以及测度理论的相关知识,可将备件分为极重要、重要、一般、不重要等 4 个等级,对应的评价等级集合为: $V = [9, 7, 5, 2]^T$ , 相对阈值分别取 9, 7, 5, 2。相应的白化权函数见图 2。

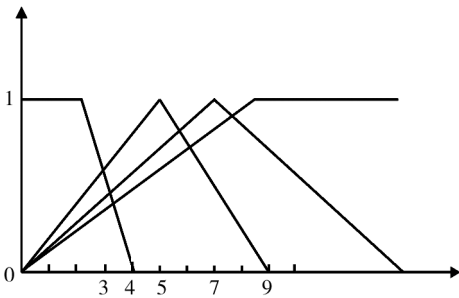


图 2 白化权函数曲线

Fig. 2 Graph of whitenization weight function

利用白化权函数、公式(8)及  $r_{ie} = x_{ie}/x_i$  可得单因素模糊评价权矩阵  $R$ :

$$R = \begin{bmatrix} 0.4761 & 0.3844 & 0.1395 & 0 \\ 0.3871 & 0.3929 & 0.2200 & 0 \\ 0.4545 & 0.3896 & 0.1558 & 0 \\ 0.3271 & 0.3958 & 0.2771 & 0 \\ 0.1927 & 0.4749 & 0.2602 & 0.0723 \\ 0.3436 & 0.3913 & 0.2651 & 0 \\ 0.3691 & 0.3975 & 0.2334 & 0 \\ 0.3691 & 0.3975 & 0.2334 & 0 \\ 0.3691 & 0.3975 & 0.2334 & 0 \end{bmatrix}$$

### 3.3 计算评价结果

由公式(9)知

$$A = W * R = [0.4105, 0.3928, 0.1952, 0.0020]$$

然后,求得最终评价结果为:

$$C = A * V = 7.4241$$

由评价结果可知,功分器属于重要类备件,应当进行优先储备并可进行组套包装。

## 4 结语

确定战储备件的品种是对其进行组套包装的前提,文中利用 DHGF 集成算法构建了组套包装备件评价模型,并通过实例应用证明了该方法在备件组套包装上的可行性、有效性。DHGF 集成算法综合了 4 种经典评价方法的优点,使定性指标向定量指标的转化更具科学性,很好地克服了专家评分行为的主观性、模糊性,使评价结果简单直观。该方法除应用在组套包装方面外,还可以应用于包装材料的选取、包装方案的优选、包装评价等包装领域的多个方面。

### 参考文献:

- [1] 张春和. 军品包装标准化途径和方法探讨[M]. 北京:军事科学出版社,2010.  
ZHANG Chun-he. Study on Military Packaging Standardized Way and Method[M]. Beijing: Military Science Press, 2010.
- [2] 赵方庚,石晓燕. 加强军用物资集装化建设的策略分析[J]. 包装工程,2013,34(9):127-130.  
ZHAO Fang-geng, SHI Xiao-yan. Strategy Analysis of Enhancing Military Containerization Construction[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9): 127-130.
- [3] 陈文阁,汪春晖,朱霞,等. 面向军事物流需求的军品包装需求分析[J]. 包装工程,2008,29(11):196-198.  
CHEN Wen-ge, WANG Chun-hui, ZHU Xia, et al. Research on Development of Military Packaging for the Requirement of

- Military Logistics[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11):196-198.
- [4] 张春和,尹永超. 军用车辆器材托盘基数化组套包装研究[J]. 包装工程,2012,33(21):130-133.  
ZHANG Chun-he, YIN Yong-chao. Research on Pallet Base Set-forming Packaging of Military Vehicle Equipment[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21):30-133.
- [5] 张仕念,刘春和,刘雪峰,等. 战储备件储备品种选择的属性分析法[J]. 系统工程理论与实践,2007(10):118-123.  
ZHANG Shi-nian, LIU Chun-he, LIU Xue-feng, et al. Attribute Analysis Method of Selecting Battle Storage Spare Parts[J]. System Engineering-Theory & Practice, 2007(10):118-123.
- [6] 曾潇,朱霞,赵萍,等. 价值工程(VE)在油料装备维修零配件配套包装中的应用研究[J]. 包装工程,2011,32(23):34-37.  
ZENG Xiao, ZHU Xia, ZHAO Ping, et al. Study on Application of Value Engineering in Set Package of Oil Equipment Maintenance Spare-parts[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(23):34-37.
- [7] 王铁宁,于双双,李宁. 战时装备备件品种确定方法研究[J]. 物流科技,2012(9):91-95.  
WANG Tie-ning, YU Shuang-shuang, LI Ning. Study on Determination Method of Equipment Variety during the War-time[J]. Logistics Sci-Tech, 2012(9):91-95.
- [8] 张建,李铁骊. 基于 DHGF 法的船舶操纵性综合评价[J]. 中国舰船研究,2010(6):56-59.  
ZHANG Jian, LI Tie-li. Integrated Evaluation of Ship Maneuverability Based on DHGF Algorithm[J]. Chinese Journal of Ship Research, 2010(6):56-59.
- [9] 王鼎,焦自平,于霖. 基于 DHGF 算法的舰炮武器系统保障性评价[J]. 火炮发射与控制学报,2008(6):90-92.  
WANG Ding, JIAO Zi-ping, YU Lin. Supportability Assessment of Naval Gun Weapon System Based on DHGF Algorithm[J]. Journal of Gun Launch and Control, 2008(6):90-92.
- [10] 翟胜路,张作刚. 基于模糊综合评判法的战储备件品种确定方法[J]. 舰船电子工程,2011(11):151-153.  
ZHAI Sheng-lu, ZHANG Zuo-gang. Variety Ascertain of Parts at Wartime Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Ship Electronic Engineering, 2011(11):151-153.
- [11] 马爽,颜如明,许文才,等. 产品包装特性分组与编码问题的探讨[J]. 包装工程,2001,22(4):13-16.  
MA Shuang, YAN Ru-ming, XU Wen-cai, et al. Probing into the Grouping and Coding of Packing Characters[J]. Packaging Engineering, 2001, 22(4):13-16.
- [12] 邓聚龙. 灰色理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.  
DENG Ju-long. Grey Theory[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002.