

doi: 10.7690/bgzd.2020.12.007

基于信息熵的中美陆军旅装备保障组织结构比较

朱 闽, 杨清文

(陆军炮兵防空兵学院, 合肥 230031)

摘要: 为解决我国合成旅装备保障组织结构定量分析手段少的问题, 运用信息熵理论, 建立组织结构的时效性、质量性、有序度和柔性度等指标评价模型, 对比分析中美陆军旅装备保障组织结构的指标特征。该研究具有一定的可信性和针对性, 可为合成旅装备保障组织结构建设提供参考。

关键词: 装备保障; 组织结构; 信息熵; 合成旅

中图分类号: TJ07; E270.3 **文献标志码:** A

Comparative on the Equipment Support Organization Structure of Chinese and US Army Brigade Based on Information Entropy

Zhu Min, Yang Qingwen

(Army Artillery & Air Defense Academy, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to solve the problem of few quantitative analysis methods for the equipment support organization structure of China's synthetic brigade, the information entropy theory was used to establish an indicator evaluation model of the organizational structure's timeliness, quality, order and flexibility. Comparatively analyze the indicator characteristics of the organization structure of the equipment support of the Chinese and US army brigade. The research has certain credibility and pertinence, and can provide a reference for the construction of synthetic brigade equipment support organization structure.

Keywords: equipment support; organization structure; information entropy; synthetic brigade

0 引言

装备保障组织结构设置是否合理、相互关系是否顺畅直接影响装备保障的效率和效益^[1]。目前, 对于组织结构评价较多采用半定量分析的方法, 如比较分析法、德尔菲法等, 而熵理论作为一种对组织结构的定量分析方法, 在装备保障领域已有应用, 如王帅等^[2]对我军师级装备保障结构的 2 种编配模式进行评价, 得出比较结论; 张守玉等^[3]对宏观层面的作战指挥与领导管理合一、分离 2 种模式下的装备保障组织结构进行比较研究; 牟牧等^[4]针对雷达维修组织结构优化前后进行对比分析。熵理论能够定量描述组织结构特性。我军自 2015 年开始新一轮的军队编制体制调整, 确立了“军-旅-营”三级体制, 新组建轻、中、重三型合成旅。新型合成旅编制体制较以往有较大变化, 其装备保障组织结构也发生了较大变化。美陆军为适应作战模式转变和武器装备发展, 在部队编制、体系结构、指挥层级、装备保障领域进行了一系列改革, 相继完成了其步兵旅战斗队、“斯特赖克”旅战斗队和装甲旅战斗队的编制与目标调整, 经过实战检验, 美陆军的战场

部队作战与装备保障能力得到不断提升^[5-8]。笔者应用信息熵理论, 分析我陆军合成旅与美陆军旅战斗队的装备保障组织结构信息熵指标特征, 对我陆军合成旅装备保障建设具有重要的参考价值。

1 组织结构信息熵模型

“熵”一词是 1856 年由德国物理学家克劳修斯因热力学概念而创立, 熵是表征一个系统无组织程度或不确定程度的度量。1948 年, 香农创立了信息论, 将通信过程中信息源信号的不确定性称为信息熵。熵的获得, 意味着信息的丢失, 故系统的有序性越高, 则熵越小, 所含信息量越大。香农在《A Mathematical Theory of Communication》一文中给出信息熵的定义公式^[9]:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

式中: H 为概率集的熵; n 为信息取值的数量; p_i 为第 i 个信息值发生的概率。

装备保障组织结构运行的一个主要功能是信息功能, 通过运行和处理信息来实现其组织功能的发

收稿日期: 2020-08-20; 修回日期: 2020-10-12

基金项目: 全军军事类研究生资助课题(JY2019C121)

作者简介: 朱 闽(1995—), 男, 安徽人, 学士, 助教, 从事军事装备、装备保障研究。E-mail: 532127178@qq.com。

挥。装备保障组织结构的评价标准也与信息密不可分，故通过信息熵对其进行分析和量化评价。

装备保障组织结构信息熵主要体现为信息流在其内部流动的时效、质量 2 方面；同时，熵还具有表征变化的能力，即变化熵，又称柔性度，表示系统结构应对内外环境变化的能力。可以从时效性、质量性、有序度和柔性度(变化熵)等指标评价装备保障组织结构^[10-11]。相关约定如下：

- 1) 组织结构的信息流动速度不变，即权重一致，默认为 1，故节点间的关联次数即节点间距离；
- 2) 信息熵模型中的对数函数以 2 为底，因为信息在节点之间传播只有 2 种情况，成功或失败，即 0 或 1，故以 2 为底能够真实反映信息流动。

1.1 装备保障组织结构时效熵模型

装备保障组织结构的时效是对装备保障信息在其内部纵向上下级之间流通速度的测量。对应的时效熵反映的是系统时效不确定性的多少。

定义 节点 i 和 j 之间的最短距离 L_{ij} ，则

$$L_{ij}=N。 \tag{2}$$

式中： $i, j=1, 2, \dots, n$ ，其中 n 为组织结构中节点总数； N 为节点 i 到 j 之间的关联次数。

A^t 为时效关联总长度，则

$$A^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n L_{ij}。 \tag{3}$$

p'_{ij} 为信息在节点 i 到 j 之间流动的概率，则

$$p'_{ij} = L_{ij} / A^t。 \tag{4}$$

H'_{ij} 为节点 i 到 j 之间的时效熵，则

$$H'_{ij} = -p'_{ij} \log_2 p'_{ij}。 \tag{5}$$

H^t 为装备保障组织结构的总时效熵，则

$$H^t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H'_{ij}。 \tag{6}$$

H'_{\max} 为装备保障组织结构的最大时效熵，则

$$H'_{\max} = \log_2 A^t。 \tag{7}$$

R^t 为装备保障组织结构的时效性，则

$$R^t = 1 - H^t / H'_{\max}, R^t \in [0, 1]。 \tag{8}$$

时效熵表征信息在系统中流通的速度，上式中： H^t 越低，表明该组织结构的有序化程度越高，结构越合理； R^t 越大，说明系统的时效性越好。

1.2 装备保障组织结构质量熵模型

质量熵是描述信息在组织结构中流通时信息准确性的指标，是度量信息的质量不确定性。

定义 K_i 为与节点 i 直接关联的节点数。

A^m 为质量关联总数，则

$$A^m = \sum_{i=1}^n K_i。 \tag{9}$$

p_i^m 为信息传递到节点 i 时准确的概率，则

$$p_i^m = K_i / A^m。 \tag{10}$$

H_i^m 为节点 i 的质量熵，则

$$H_i^m = -p_i^m \log_2 p_i^m。 \tag{11}$$

H^m 为装备保障组织结构的总质量熵，则

$$H^m = \sum_{i=1}^n H_i^m。 \tag{12}$$

H'_{\max} 为装备保障组织结构的最大质量熵，则

$$H'_{\max} = \log_2 A^m。 \tag{13}$$

Q^m 为装备保障组织结构的质量性，则

$$Q^m = 1 - H^m / H'_{\max} (Q^m \in [0, 1])。 \tag{14}$$

组织结构的总质量熵 H^m 越低，表明该组织结构的有序化程度越高，结构越合理，系统质量熵与最大质量熵的比值也可反映组织结构的无序程度；因此，组织结构的质量性越高，说明该组织结构的有序度越高，结构越合理。

1.3 装备保障组织结构有序度模型

装备保障组织结构的整体能力 (E) 由时效性和质量性综合决定，则 $E = \omega_1 R^t + \omega_2 Q^m$ ， E 越大，表明组织结构的有序度越高，整体保障能力越强。其中， ω_1, ω_2 分别表示系统内部信息流通的时效性和质量性对系统结构有序性的影响程度。在比较研究时，一般取 $\omega_1 = \omega_2 = 0.5$ 。

1.4 装备保障组织结构变化熵模型

装备保障组织结构的柔性，是指信息在系统内部横向同层次元素之间流动速度的度量，反映其柔性不确定性的度量称为变化熵，即同一层级相关元素之间信息流动不受外界环境影响的程度。

定义 F_{ij} 为同一层级的节点 i, j 之间的最短距离。

A^f 为变化关联总长度，则

$$A^f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n F_{ij}。 \tag{15}$$

p'_{ij} 为信息在同层级节点 i 到 j 之间流动概率，则有

$$p'_{ij} = F_{ij} / A^f。 \tag{16}$$

H_{ij}^f 为同层级节点 i 到 j 之间的变化熵，则

$$H_{ij}^f = -p_{ij}^f \log_2 p_{ij}^f \quad (17)$$

H^f 为装备保障组织结构的总变化熵，则

$$H^f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n H_{ij}^f \quad (18)$$

H_{\max}^f 为装备保障组织结构的最大变化熵，则

$$H_{\max}^f = \log_2 A^f \quad (19)$$

R^f 为装备保障组织结构的柔性度，则

$$R^f = 1 - H^f / H_{\max}^f, \quad R^f \in [0, 1] \quad (20)$$

装备保障组织结构的总变化熵越低，说明组织结构的抗干扰能力越强，其柔性度越高，反映组织结构横向之间的联系越紧密，不易受外界环境变化影响。

2 装备保障组织结构

目前美陆军的步兵旅战斗队、“斯特赖克”旅战斗队与装甲旅战斗队的装备保障组织结构基本一致，可认为是同一种结构模式；我陆军的轻、中、重型合成旅经过 2017 年改革组建后，三型合成旅的装备保障组织结构也基本一致，也可认为是同一种结构模式。

2.1 美陆军旅战斗队装备保障组织结构

美陆军旅战斗队装备保障组织结构如图 1 所示。旅部设有基本指挥所与战术指挥所，将供应、维修、运输和其他后装保障业务纳入其中，统一实施保障业务的管理和协调，到了营、连一级，再将业务具体区分管理和实施，有助于美陆军理顺保障关系，减少协调环节，提高保障效率。旅一级保障任务均由旅支援营完成，旅支援营编有模块化的供应连、野战维修连、医疗连、旅工兵营前沿支援连、3 个合成营前沿支援连、侦察营前沿支援连和炮兵营前沿支援连。以野战维修连为例，野战维修连辖连部、维修控制排和维修排。维修控制排辖排部、维修控制分队、勤务/抢修分队，维修排辖排部、野战维修分队、地面支援装备维修分队、导弹与电子装备修理分队和武器修理分队。每个维修分队，都是具有集供、救、修一体的综合保障单元。2015 年调整后，步兵旅战斗队、“斯特赖克”旅战斗队和装甲旅战斗的装备保障组织结构基本一致，区别主要是步兵旅战斗队与“斯特赖克”旅战斗队的旅支援营中有 3 个步兵营前沿支援连，而装甲旅战斗队旅支援营为 3 个合成营前沿支援连，保障任务基本一致。其拓扑结构如图 2 所示。

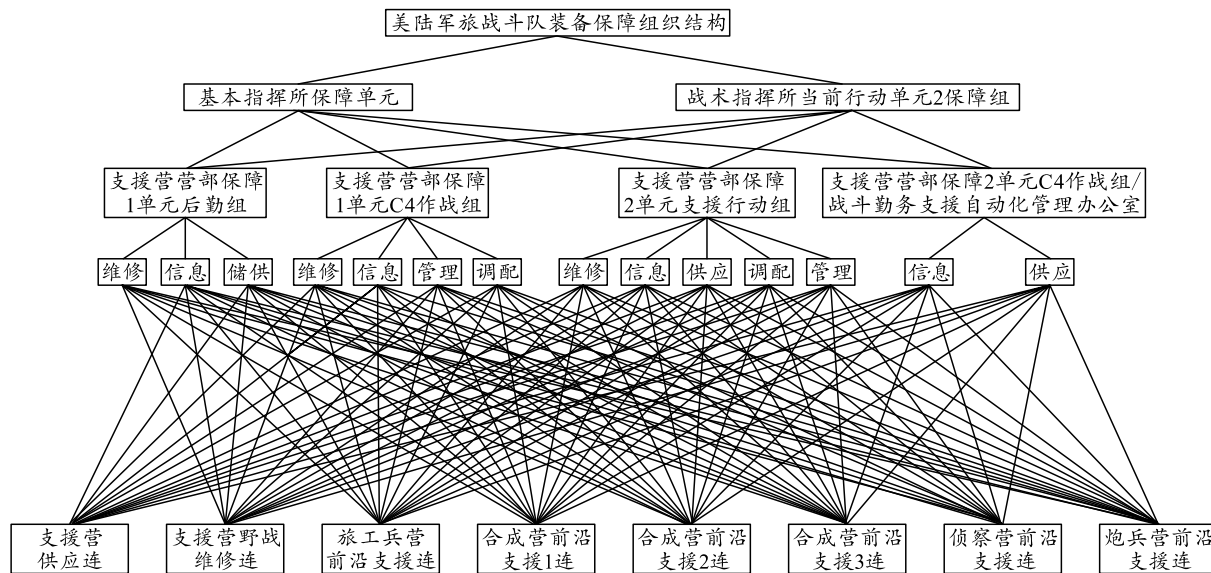


图 1 美陆军旅战斗队装备保障组织结构

2.2 我军合成旅装备保障组织结构

新组建的合成旅较以往旅级单位有了较大调整，保障部统管后装工作，包括装备维修、装备管理、物资储供和装备信息等，职能科室按照职能管理基层维修单元。合成旅装备保障拓扑结构如图 3。

3 装备保障组织结构模型计算

3.1 信息熵计算

依据上述模型，分别对中美陆军旅装备保障组织结构的时效熵、质量熵、有序度和变化熵进行定量计算。计算结果如表 1—3 所示(结构模式 1 表示我军，结构模式 2 表示美军)。

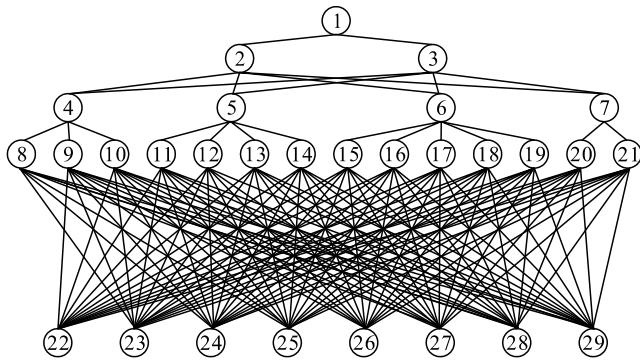


图 2 美陆军旅战斗队装备保障拓扑结构

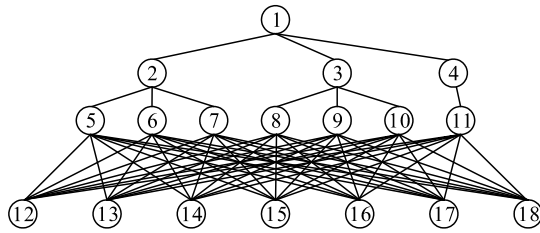


图 3 合成旅装备保障拓扑结构

表 1 装备保障组织结构时效熵

| 结构模式 | 联系长度 | P_{ij}^t | 合计 | 总微观态 | 计算结果 |
|------|------|------------|-----|------|----------------------|
| 1 | 1 | 1/318 | 59 | 59 | $H^t=6.136 6$ |
| | 2 | 2/318 | 56 | 112 | $H_{max}^t=8.312 9$ |
| | 3 | 3/318 | 49 | 147 | $R^t=0.261 8$ |
| 2 | 1 | 1/203 3 | 133 | 133 | $H^t=9.413 5$ |
| | 2 | 2/203 3 | 145 | 290 | $H_{max}^t=10.989 4$ |
| | 3 | 3/203 3 | 246 | 738 | |
| | 4 | 4/203 3 | 218 | 872 | $R^t=0.143 4$ |

表 2 装备保障组织结构质量熵

| 结构模式 | 联系长度 | P_{ij}^m | 合计 | 总微观态 | 计算结果 |
|------|------|------------|----|------|---------------------|
| 1 | 2 | 2/118 | 1 | 2 | $H^m=4.100 3$ |
| | 3 | 3/118 | 1 | 3 | $H_{max}^m=6.882 6$ |
| | 4 | 4/118 | 2 | 8 | $Q^m=0.404 3$ |
| | 7 | 7/118 | 7 | 49 | |
| 2 | 8 | 8/118 | 7 | 56 | |
| | 2 | 2/261 | 1 | 2 | $H^m=4.712 3$ |
| | 4 | 4/261 | 1 | 4 | $H_{max}^m=8.027 9$ |
| | 5 | 5/261 | 2 | 10 | $Q^m=0.413 0$ |
| | 6 | 6/261 | 1 | 6 | |
| | 7 | 7/261 | 1 | 7 | |
| | 8 | 8/261 | 3 | 24 | |
| | 9 | 9/261 | 11 | 99 | |
| | 11 | 11/261 | 1 | 11 | |
| | 14 | 14/261 | 7 | 98 | |

表 3 装备保障组织结构变化熵

| 结构模式 | 联系长度 | P_{ij}^f | 合计 | 变化微观态 | 总微观态 | 计算结果 |
|------|------|------------|-----|-------|------|----------------------|
| 1 | 2 | 1/372 | 156 | 156 | 312 | $H^f=8.283 5$ |
| | 4 | 3/372 | 15 | 45 | 60 | $H_{max}^f=8.539 2$ |
| | | | | | | $R^f=0.029 9$ |
| 2 | 2 | 1/137 6 | 404 | 404 | 808 | $H^f=9.772 0$ |
| | 4 | 3/137 6 | 142 | 426 | 568 | $H_{max}^f=10.426 3$ |
| | | | | | | $R^f=0.062 8$ |

3.2 信息熵对比

通过上述计算结果可以发现，我军与美军旅装

备保障组织结构各有优势，具体结果如表 4 所示。

表 4 中美陆军旅装备保障组织结构指标对比

| 结构模式 | 时效熵 | 质量熵 | 有序度 | 柔性度(变化熵) |
|------|---------|---------|---------|----------|
| 1 | 0.261 8 | 0.404 3 | 0.333 1 | 0.029 9 |
| 2 | 0.143 4 | 0.413 0 | 0.278 2 | 0.062 8 |

由表可知：我军合成旅的时效熵远高于美军装甲旅战斗队，说明我军合成旅的装备保障组织结构中自上而下的信息流动速度要快于美军；而 2 种结构的质量熵相差不大，说明 2 种结构中信息流动的准确度相似。从有序度上来说，我军总体上优于美军；但我军变化熵要落后于美军，即我军的装备保障组织结构较美军更易受到外界环境干扰，纵向联系不够紧密，原因在于美军的多层组织，旅、营两级均设立相应指挥所，并有 2 个保障单元负责不同的保障事项，足以应对战场环境变化。

4 结束语

装备保障组织结构是部队装备保障工作开展的平台和依托，其优劣直接影响装备保障工作的效率和效能。针对合成旅装备保障组织结构定量分析手段少等问题，利用信息熵理论建立定量化评价模型，从时效性、质量性、有序度和柔性度对比美陆军旅战斗队和我军合成旅的装备保障组织结构信息熵，通过比较发现我军合成旅装备保障组织建设的优势和不足，具有一定的可信性和针对性。

参考文献：

- [1] 李智舜. 军事装备保障学教程[M]. 北京: 军事科学出版社, 2012: 233-246.
- [2] 王帅, 李婷, 崔静. 基于信息熵的师级装备保障结构编配能力评价[J]. 装甲兵工程学院学报, 2018, 32(2): 19-22.
- [3] 张守玉, 张炜, 陈永龙. 基于结构熵的装备保障组织结构优化[J]. 装备学院学报, 2015, 26(4): 133-137.
- [4] 牟牧, 侯耀清, 程红斌. 基于熵的雷达维修组织机构优化研究[J]. 空军雷达学院学报, 2012, 26(6): 442-445.
- [5] 知远战略与防务研究所. 美国陆军指挥所的组织与运行[M]. 江阴: 知远战略与防务研究所出版及数据标准化部, 2014: 53-83.
- [6] 知远战略与防务研究所. 美国陆军步兵旅战斗队目标编制与装备 2017[M]. 江阴: 知远战略与防务研究所出版及数据标准化部, 2017: 268-377.
- [7] 知远战略与防务研究所. 美国陆军斯特瑞克旅战斗队目标编制与装备 2017[M]. 江阴: 知远战略与防务研究所出版及数据标准化部, 2017: 268-380.