

# 基于熵理论的舰炮作战指挥方式

解维河,汪德虎

(海军大连舰艇学院,辽宁大连 116018)

**摘要:**针对舰炮武器系统指挥控制方式的选择和评价难以定量分析的问题,运用熵理论,建立舰炮武器系统指挥控制关系有序度模型,分析验证2种典型的指挥关系的综合效能,其结果满足舰炮作战指挥方式的选择,该方法能够为武器系统指挥关系的确立和指挥流程的建立提供借鉴。

**关键词:**指挥流程;熵理论;舰炮

**本文引用格式:**解维河,汪德虎.基于熵理论的舰炮作战指挥方式[J].四川兵工学报,2014(12):28-30.

**中图分类号:**TN911.73;E919

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2014)12-0028-03

## Research on Command Mode of Shipborn-gun Based on Entropy Theory

XIE Wei-he, WANG De-hu

(Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

**Abstract:** For the problem of the difficult analyzed in quantify about the command and control processes of gun weapon system, the entropy theory is used, and the order model of command and control is established. The performance of two different command relationships is analyzed, all these provide draw for the establishing of command relationships and command processes.

**Key words:** command process; entropy theory; shipborn-gun

**Citation format:** XIE Wei-he, WANG De-hu. Research on Command Mode of Shipborn-gun Based on Entropy Theory[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2014(12):28-30.

舰炮作战指挥是指者为达成一定作战目的,对舰炮作战行动进行的运筹决策、计划组织和协调控制活动。影响指挥效率的因素很多,不仅包括指挥技术平台,同时还包括指挥组织方式和方法,确定舰炮指挥方式和作战流程一般情况下都是依据作战指挥经验或理论进行定性分析,本文基于熵理论,对舰炮武器系统指挥方式流程进行定量分析,为舰炮武器系统指挥方式分析和指挥关系的确立提供借鉴。

### 1 舰炮武器指挥控制关系

舰炮武器系统的指挥控制关系一般分为两种:基于武器装备的指挥控制和基于作战任务的指挥控制。基于武器装备的指挥控制是指指挥关系围绕武器装备的战技特性而设置,指挥控制流程是线性结构,武器的指挥员和武器指挥关系相对固定,当下达作战任务后,由指挥员根据作战任务进

行武器系统指挥;另一种是基于作战任务的指挥控制关系,武器系统的指挥是按照作战任务确立指挥关系,指挥员可以根据作战任务指挥不同的武器装备。

### 2 指挥方式效率分析数学方法<sup>[1-3]</sup>

熵是代表着无序与混乱的,熵理论的发展使其作为度量与测度组织结构复杂性的研究成为一个主要的研究分支。“算法熵”可以用来表示系统的复杂度,用算法熵可以度量指挥控制关系有序的复杂性和组织复杂性。

#### 2.1 指挥流程时效确定方法

**定义1** 时效

把信息在系统各元素之间的传递过程中信息流迅速程度的大小称为系统结构的时效。

**定义2** 系统微观态及其实现概率

系统微观态是指从某一方面观察系统时某些元素所处的数量状态,而其实现概率是该元素所处的微观态数量与系统全部元素微观态总和之比。

**定义 3** 系统的时效熵

信息在系统各元素之间的传递过程中信息流通迅速程度的大小称为系统结构的时效。反映信息在系统中或元素间流通时效的不确定性大小的度量称为系统的时效熵。

指挥节点之间的联系的时效  $H'_{ij}, H'_{ij} = -p'_{ij} \cdot \log p'_{ij}$ , 其中  $p'_{ij}$  为第  $i, j$  个指挥节点纵向关联时实现转移的概率。

定义  $p'_{ij} = L_{ij}/A' = L_{ij}/\sum_i \sum_j L_{ij}$ , 其中,  $A' = \sum_i \sum_j L_{ij}$ ,  $L_{ij}$  为指挥关系结构中层次的联系长度。 $L_{ij}$  的计算由指挥节点  $(i, j)$  间的最短路径来确定, 由于效率是单位时间内信息流过的路程, 因此, 将直接联结的长度看作 1, 每中转一次长度加 1。 $i, j$  表示指挥节点的编号序号。

**定义 4** 系统总的时效熵

按照舰炮武器系统指挥关系的纵向关联长度由上至下,

定义  $H' = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N H'_{ij}$  为总的时效熵, 其中  $N$  为最大联系长度。

**定义 5** 系统最大时效熵

定义  $H'_{\max} = \max H' = \log A'$  为最大时效熵。舰炮武器系统

组织结构的实效用  $R$  来表示,  $R = 1 - \frac{H'}{H'_{\max}}$ , ( $R \in [0, 1]$ ), 其中,  $H'$  为总的时效熵,  $H'_{\max}$  为最大时效熵,  $R$  越大, 表示舰炮武器系统指挥流程的时效性越高。由此可得:

$$R = 1 + \left\{ \sum_i \sum_j \left[ \left( L_{ij} / \sum_i \sum_j L_{ij} \right) \times \log \left( L_{ij} / \sum_i \sum_j L_{ij} \right) \right] \right\} / \left[ \log \left( \sum_i \sum_j L_{ij} \right) \right]$$

## 2.2 指挥流程质量确定方法

系统的质量是信息在系统或元素中流通时准确性大小的测度, 质量熵描述信息质量不确定性的大小。

**定义 6** 在指挥控制信息传递过程中, 指挥控制任意一个指挥节点的出错机会的不确定性, 称为节点的质量熵, 记做  $H''_i, H''_i = -p''_i \cdot \log p''_i$ , 其中,  $p''_i$  为第  $i$  个指挥节点质量实现的概率, 定义为  $p''_i = k_i/A'' = k_i/\sum_i k_i$ , 其中,  $A'' = \sum_i k_i$ ,  $k_i$  为指挥的联系跨度数, 是与第  $i$  个指挥节点有直接联系的节点数量。

**定义 7** 指挥组织机构的总质量熵为  $H'' = \sum_{i=1}^N H''_i = -\sum_i p''_i \cdot \log p''_i$  **定义 8** 最大质量熵。定义指挥控制组织结构的最大质量熵为  $H''_{\max} = \max H'' = \log A''$ , 其中,  $A'' = \sum_i k_i$ 。

**定义 8** 组织结构的质量

指挥控制组织结构质量用  $Q$  表示,  $Q = 1 - \frac{H''}{H''_{\max}}$ , ( $R \in [0, 1]$ ), 其中  $H''$  为总的质量熵,  $H''_{\max}$  为最大质量熵,  $Q$  越大, 表示指挥控制的质量越高。

## 2.3 指挥控制综合效率

指挥控制的效能可以用时效有序度和质量有序度表示, 指挥效率综合值可以表示为  $E = \omega_1 R + \omega_2 Q$ , 其中,  $\omega_1, \omega_2$  为各个指标的权重。 $E$  越大, 指挥控制综合效益越好。

## 3 实例分析

根据上述指挥控制效能评估方法, 对舰炮武器系统按照武器装备和作战任务 2 种指挥控制方式下的指挥效能进行分析。

### 3.1 条件说明

设武器系统指挥分为舰指挥员、武器系统指挥员和操作手 3 级, 方案一是按照武器装备属性进行指挥控制, 两类武器系统, 每类武器有独立的武器系统指挥员, 对所属武器进行指挥控制; 方案二是按照作战任务进行指挥控制, 两个作战方面的指挥员分别可以控制 2 种武器对所分配的作战任务进行指挥, 其结构拓扑结构如图 1 和图 2 所示。对上述 2 种方式下的指挥效能进行分析。作战指挥控制包含因素很多, 仅从指挥控制结构拓扑特征入手进行分析。

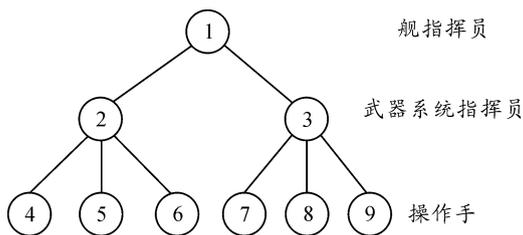


图 1 按照武器结构功能设置指挥关系

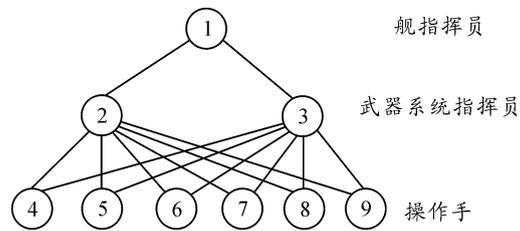


图 2 按照作战任务功能设置指挥关系

### 3.2 基于熵的计算<sup>[4-5]</sup>

按照第二节的时效熵和质量熵的计算过程对两种方案的综合效能进行计算, 计算结果见表 1 和表 2。

(1) 时效熵计算过程为:  $A' = 20$ ;  $H'_{\max} = \log A' = \log 20 = 4.32$ ;  $H' = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N H'_{ij} = -8 \times \frac{1}{20} \log \frac{1}{20} - 6 \times \frac{2}{20} \log \frac{2}{20} = 3.72$ ;  $R = 1 - \frac{H'}{H'_{\max}} = 0.14$ 。

(2) 质量熵计算过程为:  $A'' = 16$ ;  $H''_{\max} = \log 16 = 4$ ;  $H'' = -6 \times \frac{1}{8} \log \frac{1}{8} - 1 \times \frac{2}{8} \log \frac{2}{8} - 2 \times \frac{4}{8} \log \frac{4}{8} = 3.75$ ;  $Q = 1 - \frac{H''}{H''_{\max}} = 0.06$ 。

(3) 综合效能。方案一的综合值为  $E = \omega_1 R + \omega_2 Q$ , 假定在进行综合效能分析时对时效和质量的要求权重相等, 对  $\omega_1, \omega_2$  为各个指标的权重分别取值为 0.5。方案一的综合值为  $E = 0.1$ 。计算方案二的综合效能列于表 3。

表 1 按武器结构设置的时效熵

联系长度	$p_{ij}^m$	联系标号	合计	微观态
1	1/20	1-2, 1-3, 2-4, 2-5, 2-6, 3-8, 3-9	8	8
2	2/20	1-2-4, 1-2-5, 1-2-6, 1-3-7, 1-3-8, 1-3-9	6	12

表 2 按武器结构设置的质量熵

联系长度	$p_j^m$	联系标号	合计	微观态
1	1/8	4, 5, 6, 7, 8, 9	6	6
2	2/8	1	1	2
3				
4	4/8	2, 3	2	8

表 3 各方案综合效能

名称	系统时效 $R$	系统质量 $Q$	综合值 $E$
方案一	0.14	0.06	0.1
方案二	0.12	0.40	0.26

### 3.3 结果分析

从计算结果分析, 按照武器结构功能和按照作战任务设置的指挥方式在系统时效性方面差别较小, 按照作战任务功能设置的指挥关系的信息传输质量明显高于按照武器结构功能设置的指挥关系。按照作战任务功能设置的指挥关系综合效能明显高于按照武器结构功能设置的指挥关系, 这与

舰炮武器系统指挥控制的定性分析结论具有一致性, 即按照作战任务确立指挥关系其指挥效果较好。

## 4 结论

基于算法熵研究了舰炮武器系统的指挥控制关系和流程的分析方法, 并建立有序度模型, 针对舰炮指挥控制关系进行了分析, 其方法可以对武器系统指挥方式和指挥关系的研究提供定量分析途径。影响作战指挥系统组织结构熵的因素很多, 在基于熵理论进行指挥控制效能分析时只针对武器系统指挥关系的结构特性进行研究指挥关系的有序度, 后续还需要综合其他影响因素作进一步深入研究。

## 参考文献:

- [1] 程启月. 作战指挥决策运筹分析[M]. 北京: 军事科学出版社, 2004.
- [2] 阎植林, 邱苑华, 陈志强. 管理系统有序度评价模型[J]. 系统工程理论与实践, 1997(6): 45-68.
- [3] 鲁晨光. 投资组合的熵理论和信息价值[M]. 中国科技大学出版社, 1997.
- [4] 吕坚, 孙林岩, 朱云杰, 顾元勋. 组织结构有序度的结构熵评价研究[J]. 2003(4): 34-35.
- [5] 周栩, 汤立, 颜红艳. 基于熵理论的项目组织结构评价与选择[J]. 价值工程, 2006(10): 109-111.
- [6] 李伟钢. 复杂系统结构有序度——负熵算法[J]. 系统工程理论与实践, 1988, 8(4): 45-48.
- [7] 郭齐胜. 装备作战仿真概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 34-40.

(责任编辑 周江川)

(上接第 16 页)

- [3] PRITCHARD J. An overview of landing gear dynamics[R]. NASA TM-1999-209143, 1999.
- [4] 隋福成, 陆华. 飞机起落架缓冲器数学模型研究[J]. 飞机设计, 2001(2): 44-51.
- [5] 刘晖, 顾宏斌, 吴东苏. 半主动控制起落架缓冲性能初步研究[J]. 航空学报, 2006, 27(5): 864-868.
- [6] CURREY N S. Aircraft landing gear design: principles and practices[M]. AIAA, 1988.
- [7] ROBERT F S, WALTER B H. Mechanical properties of

pneumatic tires with special reference to modern aircraft tires[R]. [S. l.]: [s. n.], 1958.

- [8] 江博水. 起落架落震动力学仿真—LMS Virtual. Lab Motion[C]//2009年LMS中国用户大会论文集. 出版地不详: [出版社不详], 2009.
- [9] 李二华, 郭朝勇, 周那银, 等. 液压同步提升装置在直升机定检维护中的应用[J]. 四川兵工学报, 2013(1): 84-86.

(责任编辑 杨继森)