

doi: 10.7690/bgzdh.2014.10.010

舰炮射击指挥流程效能评估

解维河, 汪德虎, 黄义

(海军大连舰艇学院舰炮系, 辽宁 大连 116018)

摘要: 针对舰炮射击指挥流程难以有效评价的问题, 提出一种舰炮射击指挥流程评价方法。分析舰炮射击指挥流程效能指标, 建立了舰炮射击指挥流程效能评估模型, 利用信息距离对实际方案进行计算验证, 得到各方案的信息距离及优化射击指挥流程、提高指挥效能的方法。分析结果表明, 该评价方法能够为舰炮射击指挥流程的优化设计等提供借鉴。

关键词: 舰炮; 指挥流程; 效能评估; 信息距离

中图分类号: TJ391 **文献标志码:** A

Effectiveness Evaluation About Fire Command Process of Shipborn-Gun

Xie Weihe, Wang Dehu, Huang Yi

(Department of shipborn-gun, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China)

Abstract: For fire command process of shipborn-gun is difficult to effectively evaluate problems, proposed a fire command process of shipborn-gun evaluation method. Analyzed shipborn-gun fire command process effectiveness index, established a shipborn-gun fire command process effectiveness evaluation model. Using the information distance was calculated to verify the practical scheme, get the information from the various programs and methods to optimize firing command processes, improve command performance. Analysis results show that, this method can provide reference for shipborn-gun fire control process optimization design.

Keywords: shipborn-gun; command process; effectiveness evaluation; information distance

0 引言

舰炮射击指挥是指舰炮对目标实施炮火攻(抗)击活动中由射击指挥员指挥决策并负责指挥实施的过程^[1], 其指挥流程的通畅与否直接影响着舰炮作战使用效能的发挥。射击指挥流程的作战使用效果与武器系统的配置、装备的性能以及人员的训练等密切相关, 一直以来, 舰炮射击指挥流程的优劣很难用有效的方法进行衡量和评估, 影响着武器系统的设计、试验以及优化改进的衡量标准; 因此, 笔者建立舰炮射击指挥流程评估的方法, 从定量角度评价射击指挥流程的优劣, 为优化射击指挥效果提供借鉴。

1 舰炮射击指挥流程效能定义

借鉴装备效能的定义^[2-4], 用“舰炮射击指挥效能”概念对舰炮射击指挥流程优劣进行描述。舰炮射击指挥流程效能是指舰炮完成一定的射击任务中的体现的射击指挥流程的性能水平。

舰炮射击指挥一般过程和内容^[5]为: 接收作战任务; 接收目标指示; 选择目标观测方式; 选择弹种和引信; 确定舰炮发射方式和发射速度; 计算射

击诸元; 选择射击观测方式与校正; 实施开火、转火和停火等。

2 指挥流程建模分析

2.1 效能指标确定

效能指标是用于评价、比较不同的装备、系统或行动方案效能的某种定量尺度^[3], 用于度量装备或系统在给定的条件下实现总体功能的程度。在进行舰炮射击指挥流程效能分析中, 必须建立合理的效能评估指标, 舰炮射击指挥流程效能指标定性衡量为指挥流程的易用性, 可以用信息距离^[6-7]指标进行定量衡量。

2.2 模型分析及构建

对舰炮射击指挥流程进行分析, 建立效能评估模型。

2.2.1 定义过程转移^[6]

将射击过程分为独立的几个阶段, 每个阶段称为 1 个射击指挥过程。上述过程可以表示为 $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$, 其中: X 表示射击过程状态集; x_i 表示第 i 个过程状态; i 表示状态的序号。

收稿日期: 2014-04-20; 修回日期: 2014-05-26

作者简介: 解维河(1981—), 男, 辽宁人, 博士研究生, 从事舰炮武器及战斗使用研究。

2.2.2 定义状态转移

“信息状态转移是指一个事物所实现的状态在其可能出现的多个信息状态之间发生的转变和变化”。舰炮每个射击过程包含多个独立的流程控制，每个控制结果称为 1 个状态： $Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_N\}$ 可表示为 Y 表示信息状态集； y_i 表示第 i 个信息状态； i 表示信息状态的序号。

2.2.3 信息距离表示方法

从定量角度分析，假设从状态 y_i 转移到状态 y_j 的状态，其转移概率为 $p_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, N)$ ，信息距离 $DIT(ij)$ 或 d_{ij} 可表示为：

$$DIT(ij) \equiv d_{ij} \equiv \log \frac{1}{p_{ij}} = -\log p_{ij}$$

其中 $\sum_{j=1}^N P_{ij} = 1$ ，信息距离单位选用“递特”(dit)表示。 \log 取以 2 为底的对数。

2.2.4 总信息距离

1) 每一分过程信息距离表示为：

$$D = \sum_{i=1}^M \omega_i d_i, \text{ 其中 } d_i \text{ 为每一过程节点的信息距离和；}$$

ω_i 为每一过程的加权系数，该加权系数在进行流程研究时可以描述为每一过程使用的转移系数，转移系数的选定与该过程中人员的配合方式，操作的难易水平等因素有关，转移系数越大，说明该过程的操作转移流程越复杂。

$$d_i \text{ 为每一过程的信息距离， } d_i = \sum_{j=1}^N d_{ij}, \text{ 其中 } d_{ij}$$

为完成 d_i 过程中共需要 j 个状态控制的信息距离。

2) 整个射击指挥流程的总信息距离表示为

$$D = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \omega_i d_{ij}, \text{ 包含操作过程执行结果，总的信息距离可以表示为：}$$

信息距离可以表示为：

$$DIT = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \omega_i (d_{ij} + [m \langle p_{ij}(k) \rangle]), \quad k = 1, 2, \dots, m$$

d_{ij} 为任意 i 过程中的第 j 个操作由 A 状态到 B 状态的信息选择的信息距离；

$[m \langle p_{ij}(k) \rangle]$ 为任意 i 过程中的 j 个操作由 A 状态到 B 状态的操作的信息距离。

2.2.5 目标函数

要使得射击指挥流程效能最高，即描述为射击指挥过程的信息距离最小。

目标函数建立原则为使得操作过程总信息距离最小，即 $F = \min DIT$ 。因此，评价舰炮射击指挥最优流程的目标函数为：

$$F = \min(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \omega_i (d_{ij} + [m \langle p_{ij}(k) \rangle]))$$

$$d_{ij} > 0;$$

$$[m \langle p_{ij}(k) \rangle] \geq 0$$

$$1 \leq \omega;$$

$$i = 1, 2, \dots, M;$$

$$j = 1, 2, \dots, N;$$

min 为信息距离最小的方案。

其中 ω_i 加权值取值在进行多个方案的比较时，按照每个对应过程进行比较，如果该过程同其他过程合并，取值为 1。如果侧重人员配合使用，比如 2 个人配合完成该过程，加权系数可以取 2。

在某一过程转移中系数取值按照在此过程中的需要人员配合等确定。

3 实例分析

3.1 问题描述

某型舰炮的射击指挥方式分为舰炮射击全自动指挥、舰炮射击半自动指挥、舰炮射击人工指挥 3 种^[5]，分析各流程效能。

3.2 对各射击流程进行分析

1) 舰炮射击自动指挥，由射击指挥台或火控台上嵌装的舰炮射击指挥软件模块，根据目标条件、我舰炮武器系统状态、射击效果等生成舰炮射击指挥决策方案并自动控制执行的指挥方式。

2) 舰炮射击干预指挥，舰炮射击指挥员对射击指挥软件模块生成的射击指挥决策方案不满意，按照经验确定射击指挥决策，通过“干预方案”装定。

3) 舰炮射击人工指挥，舰炮射击指挥员按照经验确定射击指挥决策，舰炮战位按照射击口令进行操控的指挥方式。

将各过程节点进行细分，各种方式下的执行情况列于表 1，其中表中信息包括由人工/自动工作方式、括号内为在执行该过程中需要人员配合情况。

表 1 不同射击指挥方式各过程分析及信息距离

指挥方式	接受作战任务	接受目标指示	选择目标观测方式	选择弹种、引信	确定发射方式和速度	计算射击诸元	射击观测与校正	开火/停火/转火
自动指挥	自动	自动	人工	自动	自动	自动	人工(2)	人工(2)
干预指挥	自动	自动	自动	自动	人工(2)	自动	人工(2)	人工(2)
人工指挥	人工(2)	人工(1)	人工(2)	人工(2)	人工(2)	自动	人工(2)	人工(2)
各过程信息距离/dit	9.9	13.2	10.3	8.2	20.5	0	40	2

3.3 建模、计算

3.3.1 假设条件

1) 各典型过程采用同种工作方式时的信息距离是相同的, 计算信息距离, 计算出各阶段的信息距离。

2) 在相同的操作环境下和相同的操作元素设置, 具有相同的选择概率。

3) 武器操作使用按照正常操控流程进行。

3.3.2 计算过程

1) 接受作目标指示。

接受作战任务要按下“通道组织”按钮, 通过弹出的对话框进行装定选择通道, 包含 4 个对话框, 选择后进行确定。其信息距离测算模型为:

Step1 按下“通道组织”键。从区域 3 个按钮中选择该按钮, 并操作, 信息距离为

$$d_1 = \log 3 + \log 2 = 2.58 \text{ dit}$$

Step2 从对话框中选择一个进行装订。从 4 个中选择出来, 从数字键盘装定, 且按下确定键, 信息距离为

$$d_2 = \log 4 + \log 10 + \log 2 + \log 2 = 2 + 3.32 + 1 + 1 = 7.32 \text{ dit}.$$

接受目标指示过程总信息距离为:

$$\text{DIT} = \sum_{i=1}^2 d_i = 9.9 \text{ dit}$$

其他各过程的信息距离计算, 计算结果见表 1。

2) 确定加权系数。

加权系数的确定考虑的因素较多, 在此, 只研究完成各过程的实现方式不同引起的转移难易程度。假定由火控系统自动进行工作时, 认为人工不参与操作, 信息距离加权系数可以认为是 0, 即指挥流程全自动; 在由人工进行单独操作时, 信息距离加权系数选择 1; 由 2 人配合操作时, 加权系数选择 2。

3) 总方案信息距离。

根据确定的加权系数和各过程计算的信息距离, 按照 2.2.4 计算, 计算结果为:

$$F = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 0 & 2 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 9.9 & 9.9 & 9.9 \\ 3.2 & 3.2 & 3.2 \\ 10.3 & 10.3 & 10.3 \\ 8.2 & 8.2 & 8.2 \\ 20.5 & 20.5 & 20.5 \\ 0 & 0 & 0 \\ 40 & 40 & 40 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 84 & 84 & 84 \\ 125 & 125 & 125 \\ 185 & 185 & 185 \end{pmatrix}$$

3.3.3 结果分析

根据上述计算结果, 取矩阵的对角线数据为各方案的信息距离, 使用自动指挥时, 信息距离为 84, 干预指挥信息距离为 125, 人工指挥信息距离为 185。自动指挥信息距离最少, 指挥易用性最高, 流程效能较好。人工指挥信息距离最大, 因各流程交接和操作都是由人员进行操作, 指挥流程效能较差。

通过定量分析, 在优化射击指挥流程, 提高指挥效能中应该把握几点:

1) 在进行射击指挥过程中, 人员的配合因素对流程的结果影响较大, 影响其加权系数, 如果人员中间过程配合较少, 其指挥流程节点的衔接较少, 其权重占比例较小, 总体信息距离较小, 如果人员较多, 尤其是多人配合在方案二中, 如果减少人员配合, 降低加权系数, 可大大提高过程的信息距离。

2) 指挥流程的节点越少, 尤其是在多个射击指挥过程如果能够合并在一起执行, 或者尽量由火控系统自动执行, 减少了作战环节的交互效率; 但是, 在进行过程简化过程中要充分考虑信息量对人员的负荷因素以及完成任务的可靠性和灵活性。

3) 射击指挥流程的优化是一方面因素, 射击指挥流程是由多个阶段过程组成, 每个阶段过程中, 操作手的操作熟练程度、操作界面人机交互效率对作战指挥影响很大, 通过提高指挥流程执行水平, 提高部队训练水平, 可以大大提高指挥效率。

4) 上述实例只是对各过程的信息距离进行了粗略的分析, 在针对具体的详细方案设计和评价中, 需要对每一步骤的执行过程进行精确分析, 详细完成信息距离的计算过程, 同时, 确定加权系数时也要进行合理选择加权系数值。