

doi: 10.7690/bgzd.2019.05.011

基于录取数据的舰炮武器系统作战训练分析评估

袁 鹏, 陈维义, 彭英武, 程 晗

(海军工程大学兵器工程学院, 武汉 430033)

摘要: 为了客观地评价舰炮武器系统作战训练成绩, 对基于录取数据的舰炮武器系统作战训练分析评估进行研究。基于在线数据录取系统的作战系统网和武器系统网数据, 根据过程、控制、命令和时间信息对作战训练过程中的特征参数进行统计并生成报表, 根据所建立的基于录取数据的舰炮武器系统作战训练分析评估指标体系和模型, 利用层次分析法和专家评估法确定各指标的权重, 给出各子指标的详细评分方法, 对武器系统的各个战位和武器系统整体训练效果进行分析评估。分析评估结果证明: 该方法能客观评价训练效果, 能指导部队作战训练。

关键词: 录取数据; 层次分析法; 专家评估法; 训练效果评估

中图分类号: TJ391 **文献标志码:** A

Analysis and Evaluation of Warship Gun Weapon System Combat Training Based on Admission Data

Yuan Peng, Chen Weiyi, Peng Yingwu, Cheng Han

(School of Weaponry Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: In order to objectively evaluate the combat training performance of warship gun weapon system, the analysis and evaluation of warship gun weapon system combat training based on the admission data are studied. Combat system network based on data online admission system and weapon system network data, according to the process, control, command, and time information for the characteristic parameters in the process of combat training statistics and generate reports, according to the established based on enrollment data of naval gun weapon system combat training evaluation index system and model, using the analytic hierarchy process and expert evaluation method to determine the weight of each index, gives detailed scoring method of each index, each fighting positions of the weapon system and weapon system overall analysis to evaluate the training effect. The analysis and evaluation results show that this method can objectively evaluate the training effect and guide the military combat training.

Keywords: enrollment data; analytic hierarchy process; expert evaluation method; training effect assessment

0 引言

当今时代, 训练是部队日常的主要内容。参训人员训练成绩是判断训练效果的主要指标, 而科学客观的评判方法是衡量成绩公平、可信的唯一标准。但是笔者调研后发现, 部队现在采用的训练成绩评估方法, 主要是由专家根据参训人员的操作动作给出模糊的评判, 专家凭经验资历等打出相应的分数, 不太客观。笔者提出定性指标量化的算法, 使得考核评估更为客观公正, 评估的结果更具有说服力, 可有效解决岛礁部队日常训练难以评价的现实问题, 满足部队作战训练和保障的迫切需求。

1 作战训练分析评估的基本原则

为有效改善训练效果, 提高训练的有效性和针对性, 对舰炮作战训练评估的研究应遵循以下基本原则:

1) 立足实战标准: 舰炮训练要以实战为目的, 根据舰炮现在及未来担负的使命任务和面临的复杂战场环境来确定训练内容, 创造实战化的评估环境, 根据战斗力标准组织训练, 加强对战士心理素质的检验。

2) 突出能力检验^[1]: 根据不同参训对象在实战环境下要求达到的水平, 建立以实际作战能力为核心的评估指标体系, 准确检验部队面对实际复杂战场环境的能力素质。

3) 注重量化分析: 要在定性与定量评估结合的基础上, 主要采用定量评估, 实现对训练效果各评价指标的量化, 最终达到客观评价训练效果的目的。

2 作战训练分析评估体系建立

2.1 评估指标体系的设置原则

根据舰炮训练的特点, 建立指标体系时应把握

收稿日期: 2018-12-11; 修回日期: 2019-02-20

作者简介: 袁 鹏(1988—), 男, 湖北人, 硕士, 助理工程师, 从事武器系统运用与保障工程研究。

以下基本原则^[2]：

1) 系统全面：评价指标体系要选好主要指标，全面反映参训人员的训练效果，既要反映训练过程，又要反映训练结果，从而确保训练效果评估的系统性和全面。

2) 合理性：在基本满足训练效果评估要求的前提下，评估指标体应选择与反映部队实际作战能力相符的主要指标，淡化次要指标，选取的指标要简明合理。

3) 客观性：评估指标的选择应含义明确，不随意加入个人的主观意见，参与指标确定的专家应经验丰富、专业匹配、有多种资历，同时还需广泛征集参训人员的意见。

4) 针对性：训练效果的评价要面向任务，对于不同的训练任务要选用针对性强的指标^[3]。

5) 独立性：即各评价指标应确保相对独立，减少各指标之间的交叉，避免各指标之间的关联，建立必要又充分的评价体系。

2.2 作战训练分析评估体系的建立

经过分析舰炮训练的流程和特点，根据以上原则和要求，一般需考虑的因素如下：

1) 获取目标能力 S_1 。① 搜索发现目标能力 S_{11} ：根据一定干扰条件下发现距离为最大作用距离的百分比由系统自动给分。80%以上不扣分，60%以下不给分。② 目标威判能力 S_{12} ：参训人员需要准确识别目标，了解武器系统打击范围内的目标特性，如目标类型、目标运动特性、热辐射特性等，有助于参训人员识别、判断待攻击目标。属于定性评估指标。③ 稳定跟踪能力 S_{13} ：根据跟踪目标操作动作是否连贯，动作有无瑕疵来评分，属于定性评估指标。④ 数据装订能力 S_{14} ：数据装订要求每一组数据的装订都准确迅速，总的操作时间不能超时。

2) 指挥决策能力 S_2 。① 形成作战方案用时 S_{21} ：作战方案的制定要求在最短的时间制定出和预定方案要点一致的结果。② 作战方案合理性 S_{22} ：指挥员在训练中，需要根据不同的训练科目快速准确制定出作战方案。每一训练科目都有最优的作战方案，通过比对某次训练指挥员的作战方案和方案库的最优方案，从而得分。③ 发射时机把握能力 S_{23} ：参训人员需要时刻监控系统状态，判断系统的运行情况，发现情况及时，对观测到的战场态势作

出正确的判断，快速把握战机，先敌攻击，过早过晚都不行。④ 通道建立与火力分配 S_{24} ：指控通道、红外警戒通道、雷达通道建立要准确熟练，火力分配要合理。

3) 对目标的抗击能力 S_3 。① 基础操作熟练度 S_{31} ：基础操作熟练与否包含对任务操作时间和操作步骤的评估，操作时间的评估要求操作员在规定时间内完成规定动作，而且同样任务完成的时间越短越好。操作步骤的评估需要采集参训人员的操作动作，通过比对每一项操作动作中的操作顺序和数量与标准操作步骤的差别，然后扣除失误分数，以此衡量操作员的操作正确率。对于其中一旦误操作就会产生严重后果的关键步骤，如果失误，则直接判零分。② 虚拟校射 S_{32} ：虚拟射击应参数装订正确，操作及时规范，校射准确。③ 指令执行 S_{33} ：指令执行要求参训人员对指挥员的指挥口令迅速做出准确的操作。

4) 打击效果 S_4 。① 命中精度及毁伤概率 S_{41} ：命中精度是指弹着点对瞄准点(目标中心)的偏移程度，通常以射击偏差来表示。弹着点是指火炮实际发射后弹丸的实际落点或炸点，瞄准点是指火控解算后期望弹丸的落点或炸点^[4]。如果在训练中实际不发射弹丸，无法观测射击偏差时，可以采用火控计算机解算出的射击诸元与模拟发射瞬间火炮架位反馈数据之间的偏差来确定命中精度。② 弹药消耗有效性 S_{42} ：弹药消耗有效性评分用于鼓励参训人员优化射击方式，在复杂场景下用最少的弹药摧毁最多的目标。

5) 维修保障能力 S_5 。① 故障判定 S_{51} ：及时准确判定一般性故障的发生位置是对参训人员作战训练的基本要求。② 故障排除 S_{52} ：要求参训人员能够在规定时限内排除一般性故障。

由此可得舰炮作战训练分析评估指标体系的层次结构如图1。

3 作战训练分析评估各指标评分算法

1) 操作时间评分算法^[5]。

评价指标 S_{14} 、 S_{21} 、 S_{51} 均属于对操作时间的评估。具体方法是：对每一个训练科目，系统都设一个参考操作时间 T_i (第 i 种科目)，设实际时间为 t_i ，采用邀请操作经验丰富的台位参训人员评分直接给出操作时间的隶属度，然后在实际操作中不断修改

调整, 最后得出操作时间成绩为优的隶属函数为:

$$f_{1i} = \begin{cases} 100 & 0 < t_i \leq 2T_i / 3 \\ 100(3/2 - 3t_i / 4T_i) & 2T_i / 3 < t_i \leq T_i \\ 100(3 - 9t_i / 4T_i) & T_i < t_i \leq 4T_i / 3 \\ 0 & t_i \geq 4T_i / 3 \end{cases}$$

2) 匹配度评分算法。

评价指标 S_{22} 、 S_{24} 、 S_{32} 的评估应包含 2 点: 一是参训人员反馈的操作步骤必须与预先设置的参考步骤相符; 二是操作步骤的顺序应该合理。设该因素的操作匹配点的个数百分比为 α_i , 步骤匹配百分比为 β_i , 则匹配度成绩为优的隶属函数为:

$$f_{2i} = 100\alpha_i \cdot \beta_i$$

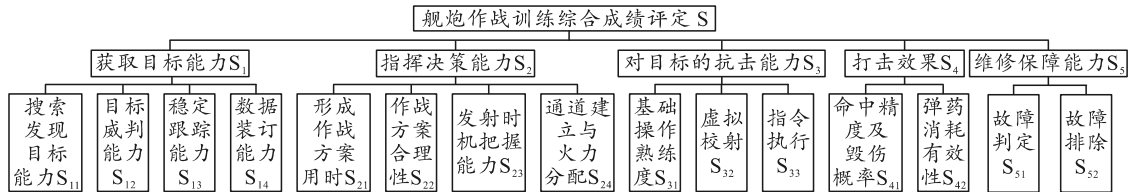


图 1 舰炮作战训练分析评估指标体系的层次结构

3) 基础操作熟练度和指令执行评分算法。

基础操作熟练度 S_{31} 和指令执行 S_{33} 均包含对操作时间和操作匹配度的评分, 每一项操作或指令得分为 G_i , 采用乘积算法得出全部基础操作熟练度和指令执行成绩为优的隶属函数为:

$$G_i = f_{1i} \cdot f_{2i} / 100, \\ f_{3i} = (\prod G_i) k$$

式中: k 为评分因子, 根据不同评分准则需要选取不同数值; i 为基础操作和指令执行的个数。每项都以 0~1 的方式反馈, 执行错误或者超出允许的反应时间得分都将为 0。

4) 命中精度及毁伤概率评分算法^[5]。

命中精度及毁伤概率 S_{41} 由命中精度和毁伤概率乘积得出。命中精度是指火控计算机解算出的射击诸元与发射瞬间火炮架位反馈数据之间的偏差。由于系统规定的系统动态精度指标为方位误差(平均值和均方差绝对值): 2.0 mrad、高低误差(平均值和均方差绝对值): 2.0 mrad。毁伤概率为理想情况下的命中即摧毁。命中精度及毁伤概率成绩为优的隶属度函数为:

$$f_{4i} = \begin{cases} 1000 \left[0.5(1 - \frac{\Delta x}{2}) + 0.5(1 - \frac{\Delta y}{2}) \right], & \Delta x, \Delta y \in [0, 2) \\ 0, & \Delta x \geq 2, \Delta y \geq 2 \end{cases}$$

其中: Δx 为方位偏差; Δy 为高低偏差。

5) 弹药消耗有效性评分算法^[6]。

弹药消耗有效性 S_{42} 评分算法为

$$f_{5i} = [1 - (M_t - N_i) / M_t] \times 100$$

式中: M_t 为本次训练总耗弹数; N_i 为不同目标类型的成功摧毁数量, 理想情况为每一个目标一发炮弹。

6) 搜索发现目标能力评分算法。

搜索发现目标能力 S_{11} 要求发现距离越大越好。

一定干扰条件下雷达最大作用距离为 D_{max} , 若某次训练参训人员发现目标的距离为 d , 则此次训练该指标的得分为

$$f_{6i} = \begin{cases} 100 & d \geq 4D_{max} / 5 \\ \frac{5d - 3D_{max}}{D_{max}} \times 100 & 3D_{max} / 5 \leq d < 4D_{max} / 5 \\ 0 & d < 3D_{max} / 5 \end{cases}$$

7) 发射时机把握能力评分算法。

发射时机把握能力 S_{23} 可根据训练人员所能达到的最高水平, 确定一个可接受的最小值 T_{min} 、一个可接受的最大值 T_{max} 和一个适中值 T_{mid} , 则发射时机把握能力成绩为优的隶属函数为:

$$f_{7i} = \begin{cases} \frac{T_{max} - t}{T_{max} - T_{mid}} \times 100 & T_{mid} \leq t < T_{max} \\ \frac{t - T_{min}}{T_{mid} - T_{min}} \times 100 & T_{min} < t \leq T_{mid} \\ 0 & t \leq T_{min}, t \geq T_{max} \end{cases}$$

8) 其他评价指标。

舰炮武器系统的数据录取模块可以对武器系统的状态、过程、控制、命令和时间等各类信息进行录取, 因此, 大部分评价指标的成绩可由计算机根据数据记录结合评分算法公式方便地得出, 实现自动评分, 但还有一些评价指标需要经过其他步骤才能得出。

对于 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{52} 这类评价指标, 可以根据实际情况和参训人员的表现采用专家打分法获得。

4 作战训练分析评估

4.1 运用层次分析法确定准则层评估指标间权重

对于准则层, 运用层次分析法确定指标间的重要程度权重, 采用如表 1 所示的 1~9 标度尺度^[7]。

表 1 1~9 标度及其含义

S_i	同样	稍微	明显	非常	绝对	相邻
S_j	重要	重要	重要	重要	重要	中值
a_{ij}	1	3	5	7	9	2, 4, 6, 8

通过 4 个元素之间相对重要性的比较可以得到如表 2 所示的一个两两比较判断矩阵 $A \sim S$ 。

表 2 两两比较判断矩阵

A	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	1	2	1/2	3	3
S_2	1/2	1	1/3	2	2
S_3	2	3	1	4	4
S_4	1/3	1/2	1/4	1	1
S_5	1/3	1/2	1/4	1	1

和积求得表特征向量为 $W=[0.257 \ 1 \ 0.153 \ 9 \ 0.412 \ 9 \ 0.088 \ 1 \ 0.088 \ 1]^T$ 。

记判断矩阵 $A \sim S$ 为 R ，计算 R 的最大特征根 λ_{\max} ：

$$RW = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1/2 & 3 & 3 \\ 1/2 & 1 & 1/3 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & 4 & 4 \\ 1/3 & 1/2 & 1/4 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/2 & 1/4 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.2571 \\ 0.1539 \\ 0.4129 \\ 0.0881 \\ 0.0881 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.3000 \\ 0.7725 \\ 2.0936 \\ 0.4421 \\ 0.4421 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^5 \frac{(RW)_i}{5W_i} = \frac{1.3000}{5 \times 0.2571} + \frac{0.7725}{5 \times 0.1539} + \frac{2.0936}{5 \times 0.4129} + \frac{0.4421}{5 \times 0.0881} + \frac{0.4421}{5 \times 0.0881} = 5.0365。$$

判断矩阵 R 的一致性检验：

$$C \cdot I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5.0365 - 5}{5 - 1} = 0.0091, \quad R \cdot I = 1.12,$$

一致性比例 $C \cdot R = C \cdot I / R \cdot I = 0.0082 < 0.1$ ，符合一致性检验。

4.2 采用专家评估法确定指标层评估指标间权重

对于指标层，为了得到合理的指标权重，采用专家评估法，对一线部队指挥员、院校教授等 10 位舰炮作战训练的专家对训练指标体系中各二级指标的重要性进行评价，经整理统计得到各二级指标的权重为：

$$A_1 = [0.40 \ 0.20 \ 0.30 \ 0.10];$$

$$A_2 = [0.20 \ 0.30 \ 0.25 \ 0.25];$$

$$A_3 = [0.50 \ 0.20 \ 0.30];$$

$$A_4 = [0.75 \ 0.25];$$

$$A_5 = [0.38 \ 0.62]。$$

4.3 舰炮作战训练综合成绩评定

根据舰炮作战训练评估模型算法，采用计算机

自动评定的模式对舰炮训练进行成绩评估，得分为：

$$S_{11} = 85, \quad S_{12} = 80, \quad S_{13} = 90, \quad S_{14} = 90;$$

$$S_{21} = 80, \quad S_{22} = 90, \quad S_{23} = 85, \quad S_{24} = 90;$$

$$S_{31} = 90, \quad S_{32} = 90, \quad S_{33} = 95;$$

$$S_{41} = 40, \quad S_{42} = 75;$$

$$S_{51} = 77, \quad S_{52} = 80。$$

对实战条件下舰炮作战训练评估体系各层由下向上逐层进行计算。对第 2 层：

$$S_1 = 0.40 \times 85 + 0.20 \times 80 + 0.30 \times 90 + 0.10 \times 90 = 86;$$

$$S_2 = 0.20 \times 80 + 0.30 \times 90 + 0.25 \times 85 + 0.25 \times 70 = 81.75;$$

$$S_3 = 0.50 \times 90 + 0.20 \times 90 + 0.30 \times 95 = 91.5;$$

$$S_4 = 0.75 \times 40 + 0.25 \times 75 = 48.75;$$

$$S_5 = 0.38 \times 77 + 0.62 \times 80 = 78.86。$$

对第 1 层，在第 2 层的基础上，求得评估结果：

$$S = W^T S^T = [0.2571 \ 0.1539 \ 0.4129 \ 0.0881 \ 0.0881] \cdot$$

$[86 \ 81.75 \ 91.5 \ 48.75 \ 78.86]^T = 83.7147 \approx 83.7$ 。说明此次训练效果达到了理想程度的 83.7%，但还有进步的空间。教练员可结合数据采集与回放系统对此次训练进一步讲评，为后续训练提供方向。

5 结论

笔者应用层次分析法构建了舰炮训练成绩评估的指标体系，给出了各级指标的权重计算方法和各子指标的评分算法。实例结果证明：该训练效果评估方法在舰炮训练评估中反应良好，克服了专家打分法的主观局限性，评估结果客观公正。

参考文献：

- [1] 田德贵, 李小明, 刘云路, 等. 复杂电磁环境下雷达兵训练效果评估[J]. 空军预警学院学报, 2009, 23(4): 251-253.
- [2] 薛昭, 杜晓明, 裴国旭. 军事训练评估研究综述[J]. 飞航导弹, 2017(2): 55-59.
- [3] 宋成俊, 周家胜, 吴非, 等. 舰炮弹药对舰船毁伤评估方法[J]. 兵工自动化, 2017, 36(3): 69-71.
- [4] 李学起, 汪德虎, 关庆云, 等. 舰炮对敌野战炮兵连射击效果实时评估[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35(6): 137-139.
- [5] 漆政昆, 王海滨, 高峰. 近程反舰炮武器系统日常训练射击效果评估[J]. 舰船电子工程, 2015(3): 28-31.
- [6] 房霄, 常海锐. 舰空导弹武器训练效果评估方法研究[C]//中国指挥控制大会, 2015: 854-858.
- [7] 毕长剑. 作战模拟训练效能评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014: 28-29.