

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.05.010

基于正交设计的炮兵指挥训练手段运用优化

陈冉¹, 杨和梅², 倪庆华¹

(1. 解放军炮兵学院 研究生系, 安徽 合肥 230031; 2. 蚌埠坦克学院 基础部, 安徽 蚌埠 233050)

摘要: 将正交试验方法引入炮兵指挥训练手段运用分析, 并与模糊综合评判、层次分析方法有机结合, 旨在寻求训练手段运用方案的优化组合, 达到提高炮兵指挥训练效益的目的。其分析结果能为发展信息化炮兵作战指挥训练手段提供决策支持。

关键词: 炮兵; 指挥训练手段; 正交设计; 运用优化

中图分类号: O224 **文献标识码:** A

Operation and Optimization of Training Method of Artillery Command Based on Orthogonal Design

CHEN Ran¹, YANG He-mei², NI Qing-hua¹

(1. Dept. of Postgraduate, Artillery Academy of PLA, Heifei 230031, China;

2. Dept. of Basic Theories, Bengbu Tank Institute, Bengbu 233050, China)

Abstract: Introduce the orthogonal experiment into the operation and optimization of artillery command training, and combine it with fuzzy comprehensive evaluation and analytic hierarchy process in order to find a better combination of training method and operating project, so that the efficacy of artillery command training can be improved. The analyzing result may supply decision-making support to the development of the informatization of artillery command training method.

Keywords: Artillery; Command training method; Orthogonal design; Operation and optimization

0 引言

炮兵指挥训练手段多种多样, 在当前的训练模式下如何实现各种训练手段综合运用, 成为提高炮兵作战指挥训练水平亟需解决问题。模糊综合评判和层次分析法具有从有限个方案中选优的能力, 但这 2 种方法均不能生成和淘汰方案, 且事先需给各方案明确规定。正交设计则采用正交表, 从全部方案中选择若干少量方案, 通过对所选少量方案的试验分析, 即可得出全部方案中的最优方案, 是各试验领域安排多因素试验的一种通用方法。故利用正交设计方法对炮兵指挥训练手段运用进行优化, 以实现训练效益最大化。

1 正交设计法

1.1 基本思想

正交设计优化方法基本思想是: 首先, 在全部方案中采用正交表选择少量方案, 然后, 利用模糊综合评判或层次分析法求得这些方案的综合考分, 并以此进行正交分析, 求出全部方案中的最优方案。

1.2 实施步骤

1) 根据决策目的, 组织有关人员结合层次分析法, 确定刻划问题的因素集 A 及各因素的水平个数 B , 因素集包括 n 个因素 $A=\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, 对

应的水平集 $B=\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ 则该问题共有 $B_1 \times B_2 \times B_3 \times \dots \times B_n$ 个方案。

2) 根据已确定的因素与水平数量, 选择合适的正交表进行表头设计, 确定出参与模糊综合评判的方案集。例如: 已确定某方案的因素个数为 4, 各因素的水平个数为 3, 那么就可以选择 L_9 正交表进行表头设计^[4]。

3) 对确定的方案进行模糊综合考评, 得出考分。考评的步骤包括:

(1) 确定问题的评判集 V , 并予以量化 C , 设评判集分 m 个等级。

$V=\{V_1, V_2, \dots, V_m\}$, 量化值: $C=\{C_1, C_2, \dots, C_m\}$

(2) 确定咨询或采用层次分析法确定因素集 A 中各因素对问题影响大小的权重 w 。

$W=\{W_1, W_2, \dots, W_n\}$

(3) 组织有关人员对已选定的各个方案依次评审, 整理评判结果, 得出对应方案的模糊关系矩阵 $R^{(I)}$ (I 为方案序数), 并以此计算综合评价矩阵 $D_{\text{综}}^{(I)}$ ($D_{\text{综}}^{(I)}=W \cdot R^{(I)}$) 和综合评价考分 $E^{(I)}$ ($E^{(I)}=D_{\text{综}}^{(I)} * C^{(I)}$)。

4) 对数据进行正交分析, 作出合理的结论

收稿日期: 2009-12-27; 修回日期: 2010-02-21

作者简介: 陈冉 (1980-), 男, 江苏人, 博士研究生, 从事作战指挥基础理论与方法研究。

把由正交表选择的模糊评判方案的综合考分 $E^{(I)}$ 作为正交试验指标值, 并以此进行正交分析, 得出该决策问题所有方案中的最优方案。

1.3 两点说明

1) 采用正交试验方法对军事决策问题进行优化, 正交分析所用的指标值采用模糊综合评判方法获得, 构造正交表时, 采用层次分析法对某些因素进行归并, 某些水平进行筛选。因此, 该方法的最优性取决于正交设计, 模糊综合评判和层次分析法。

2) 正交表是以方差分析为基础的, 包含了几个因素相互作用时的效果。因此, 要使求出的最优方案总是所有方案中的实际最优方案, 在正交设计因素选择时, 要尽可能做到因素间相互独立, 无交互作用。

若实在无法避免因素间的交互影响, 应选择和构造有交互作用的正交表。

2 正交设计法在炮兵作战指挥训练手段方案优化中的运用

1) 根据参考文献[1]提出的炮兵作战指挥训练分为: 指挥××训练、指挥××训练、指挥××合练、指挥××训练和指挥××训练 5 个内容。利用正交设计确定不同的炮兵作战指挥训练内容应采取不同的训练手段, 达到训练效益最大化。因此, 确定该问题的因素集 $A=\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}=\{\text{指挥}\times\times\text{训练}, \text{指挥}\times\times\text{训练}, \text{指挥}\times\times\text{合练}, \text{指挥}\times\times\text{训练}, \text{指挥}\times\times\text{训练}\}$, 各因素的水平数 $B=\{B_1, B_2, B_3, B_4, B_5\}=\{4, 4, 4, 4, 4\}$ 。具体的因素水平如表 1。

表 1 因素水平表

水平	因素				
	指挥××训练	指挥××训练	指挥××合练	指挥××训练	指挥××训练
1	综合运用各手段, 主要以网上远程教学研讨为主	利用沙盘进行作业训练为主	炮兵部队“八长”和“阵地五长”训练	综合运用各手段, 主要以兵棋推演为主	综合运用各手段, 主要以网上协同指挥演练为主
2	综合运用各手段, 主要以理论作业为主	利用指挥信息系统训练为主	综合运用各手段, 主要以指挥所演练为主	综合运用各手段, 主要以网上指挥对抗演习为主	参加其他军兵种的演习活动
3	综合运用各手段, 主要以学术讨论为主	指挥训练想定作业为主	综合运用各手段, 以首长机关网上演练为主	综合运用各手段, 以基地实兵对抗演习为主	综合运用各手段, 主要以利用基地与其他军兵种进行协同训练为主
4	综合运用各手段, 主要课堂讲授和自修理论为主	利用模拟系统训练为主	综合运用各手段, 主要以首长机关演习为主	综合运用各手段, 主要以图上作业对抗训练为主	综合运用各手段, 主要以参加作战区域内的作战演习为主

2) 根据已确定的因素与水平个数, 选择合适的正交表, 进行表头设计。

根据已确定的因素与水平数, 炮兵作战指挥训练手段运用方案共有 $4^5=1\ 024$ 个, 选择 $L_{16}(4^5)$ 正交表进行表头设计。表 2 中对应的 16 个方案即为参与模糊综合评判的方案集。

3) 对确定的方案集进行模糊综合考评

(1) 确定评判集 $V=\{\text{很好}, \text{好}, \text{一般}, \text{差}\}$ 4 个等级, 量化值为 $C=\{95, 80, 65, 50\}$;

(2) 利用层次分析法确定各因素的权重。通过对 20 个炮兵作战指挥训练专家进行问卷调查, 请专家对 5 个炮兵作战指挥内容因素的权重进行打分, 算得 $W=\{0.06, 0.18, 0.28, 0.32, 0.16\}$;

(3) 组织有关专家对已选定的各个方案依次评审, 经过调查统计得出对应方案的模糊关系矩阵 $R^{(I)}(I=1, 2, \dots, 16)$, 求得各方案的综合考分 $E^{(I)}(I=1, 2, \dots, 16)$, 如表 2。

$$R^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.19 & 0.04 \\ 0.22 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\ 0.14 & 0.31 & 0.27 & 0.28 \\ 0.25 & 0.29 & 0.24 & 0.22 \\ 0.17 & 0.48 & 0.26 & 0.09 \end{bmatrix} \quad R^{(2)} = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.19 & 0.04 \\ 0.43 & 0.27 & 0.26 & 0.04 \\ 0.37 & 0.34 & 0.22 & 0.07 \\ 0.28 & 0.33 & 0.24 & 0.15 \\ 0.29 & 0.32 & 0.14 & 0.25 \end{bmatrix}$$

$$R^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.19 & 0.04 \\ 0.29 & 0.21 & 0.35 & 0.15 \\ 0.34 & 0.31 & 0.26 & 0.09 \\ 0.43 & 0.21 & 0.18 & 0.18 \\ 0.32 & 0.28 & 0.15 & 0.25 \end{bmatrix} \quad R^{(4)} = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.19 & 0.04 \\ 0.48 & 0.14 & 0.17 & 0.21 \\ 0.32 & 0.28 & 0.30 & 0.10 \\ 0.24 & 0.43 & 0.12 & 0.21 \\ 0.45 & 0.22 & 0.20 & 0.13 \end{bmatrix}$$

$$R^{(5)} = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.31 & 0.36 & 0.06 \\ 0.22 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\ 0.37 & 0.34 & 0.22 & 0.07 \\ 0.43 & 0.21 & 0.18 & 0.18 \\ 0.45 & 0.22 & 0.20 & 0.13 \end{bmatrix} \quad R^{(6)} = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.31 & 0.36 & 0.06 \\ 0.43 & 0.27 & 0.26 & 0.04 \\ 0.14 & 0.31 & 0.27 & 0.28 \\ 0.24 & 0.43 & 0.12 & 0.21 \\ 0.32 & 0.28 & 0.15 & 0.25 \end{bmatrix}$$

$$R^{(7)} = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.31 & 0.36 & 0.06 \\ 0.29 & 0.21 & 0.35 & 0.15 \\ 0.32 & 0.28 & 0.30 & 0.10 \\ 0.25 & 0.29 & 0.24 & 0.22 \\ 0.29 & 0.32 & 0.14 & 0.25 \end{bmatrix} \quad R^{(8)} = \begin{bmatrix} 0.27 & 0.31 & 0.36 & 0.06 \\ 0.48 & 0.14 & 0.17 & 0.21 \\ 0.34 & 0.31 & 0.26 & 0.09 \\ 0.28 & 0.33 & 0.24 & 0.15 \\ 0.17 & 0.48 & 0.26 & 0.09 \end{bmatrix}$$

$$R^{(9)} = \begin{bmatrix} 0.18 & 0.45 & 0.29 & 0.08 \\ 0.22 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\ 0.34 & 0.31 & 0.26 & 0.09 \\ 0.24 & 0.43 & 0.12 & 0.21 \\ 0.29 & 0.32 & 0.14 & 0.25 \end{bmatrix} \quad R^{(10)} = \begin{bmatrix} 0.18 & 0.45 & 0.29 & 0.08 \\ 0.43 & 0.27 & 0.26 & 0.04 \\ 0.32 & 0.28 & 0.30 & 0.10 \\ 0.43 & 0.21 & 0.18 & 0.18 \\ 0.17 & 0.48 & 0.26 & 0.09 \end{bmatrix}$$

$$R^{(11)} = \begin{bmatrix} 0.18 & 0.45 & 0.29 & 0.08 \\ 0.29 & 0.21 & 0.35 & 0.15 \\ 0.14 & 0.31 & 0.27 & 0.28 \\ 0.28 & 0.33 & 0.24 & 0.15 \\ 0.45 & 0.22 & 0.20 & 0.13 \end{bmatrix} \quad R^{(12)} = \begin{bmatrix} 0.18 & 0.45 & 0.29 & 0.08 \\ 0.48 & 0.14 & 0.17 & 0.21 \\ 0.37 & 0.34 & 0.22 & 0.07 \\ 0.25 & 0.29 & 0.24 & 0.22 \\ 0.32 & 0.28 & 0.15 & 0.25 \end{bmatrix}$$

$$R^{(13)} = \begin{bmatrix} 0.12 & 0.34 & 0.29 & 0.25 \\ 0.22 & 0.33 & 0.25 & 0.20 \\ 0.32 & 0.28 & 0.30 & 0.10 \\ 0.28 & 0.33 & 0.24 & 0.15 \\ 0.32 & 0.28 & 0.15 & 0.25 \end{bmatrix}$$

$$R^{(14)} = \begin{bmatrix} 0.12 & 0.34 & 0.29 & 0.25 \\ 0.43 & 0.27 & 0.26 & 0.04 \\ 0.34 & 0.31 & 0.26 & 0.09 \\ 0.25 & 0.29 & 0.24 & 0.22 \\ 0.45 & 0.22 & 0.20 & 0.13 \end{bmatrix}$$

$$R^{(15)} = \begin{bmatrix} 0.12 & 0.34 & 0.29 & 0.25 \\ 0.29 & 0.21 & 0.35 & 0.15 \\ 0.37 & 0.34 & 0.22 & 0.07 \\ 0.24 & 0.43 & 0.12 & 0.21 \\ 0.17 & 0.48 & 0.26 & 0.09 \end{bmatrix}$$

$$R^{(16)} = \begin{bmatrix} 0.12 & 0.34 & 0.29 & 0.25 \\ 0.48 & 0.14 & 0.17 & 0.21 \\ 0.14 & 0.31 & 0.27 & 0.28 \\ 0.43 & 0.21 & 0.18 & 0.18 \\ 0.29 & 0.32 & 0.14 & 0.25 \end{bmatrix}$$

(4) 从表 2 中可以看到, 指挥训练内容 A1 运用 1 水平所取得的效果最好; 指挥训练内容 A2 运用 2 水平所取得的效果最好; 指挥训练内容 A3 运用 2 水平所取得的效果最好; 指挥训练内容 A4 运用 3 水平所取得的效果最好; 指挥训练内容 A5 运用 4 水平所取得的效果最好。因此, 可以得到最优炮兵作战指挥训练手段运用方案 $A_{11}A_{22}A_{32}A_{43}A_{54}$ 。

表 2 正交计算表

列号	1	2	3	4	5	$C^{(I)}$
方案	因素					综合考分
	指挥 × × 训练(A ₁)	指挥 × × 训练(A ₂)	指挥 × × 合练(A ₃)	指挥 × × 训练(A ₄)	指挥 × × 训练(A ₅)	
1	1	1	1	1	1	73.38
2	1	2	2	2	2	78.36
3	1	3	3	3	3	77.51
4	1	4	4	4	4	77.61
5	2	1	2	3	4	78.18
6	2	2	1	4	3	74.92
7	2	3	4	1	2	75.15
8	2	4	3	2	1	77.15
9	3	1	3	4	2	75.86
10	3	2	4	3	1	78.00
11	3	3	1	2	4	74.65
12	3	4	2	1	3	76.63
13	4	1	4	2	3	75.45
14	4	2	3	1	4	77.13
15	4	3	2	4	1	76.36
16	4	4	1	3	2	74.84
I (一水平综合考分和)	306.86	302.87	297.79	302.12	304.89	
II (二水平综合考分和)	305.40	308.41	309.53	305.61	304.21	
III (三水平综合考分和)	305.14	303.67	307.65	308.53	304.51	
IV (四水平综合考分和)	303.78	306.23	306.21	304.75	307.57	
I/4	76.72	75.72	74.45	75.53	76.22	
II/4	76.35	77.10	77.38	76.40	76.05	
III/4	76.29	75.92	76.91	77.13	76.13	
IV/4	75.95	76.56	76.55	76.19	76.89	
极差 R	0.77	1.38	2.93	1.6	0.84	

$$\sum_{i=1}^{16} x_i = 12221$$

$$u = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} x_i = 76.32$$

最优方案为:
 $A_{11}A_{22}A_{32}A_{43}A_{54}$
 采用该方案进行炮兵作战指挥训练效果考评为: 79.79

根据专家打分, 可以得到运用该方案进行炮兵作战指挥训练的综合效果 R :

$$R = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.19 & 0.04 \\ 0.43 & 0.27 & 0.26 & 0.04 \\ 0.37 & 0.34 & 0.22 & 0.07 \\ 0.43 & 0.21 & 0.18 & 0.18 \\ 0.45 & 0.22 & 0.20 & 0.13 \end{bmatrix}$$

同时运用该方案综合考评分为 79.79。由于 $A_{11}A_{22}A_{32}A_{43}A_{54}$ 是 1 024 个方案中的一种, 在正交表中并没有出现过。由此可见, 用正交表优选方案具有很好的代表性, 虽然只评判了 16 个方案, 但经过对这 16 个方案考分的计算与分析, 仍不会漏掉最佳水平的组合, 显示了正交设计的优越性。

3 结论

采用最优方案 $A_{11}A_{22}A_{32}A_{43}A_{54}$ 进行炮兵作战指挥训练, 即在指挥 × × 训练中主要以网上远程教学研讨为主; 指挥 × × 训练中以利用指挥信息系统

训练为主; 指挥 × × 合练中主要以指挥所演练为主; 指挥 × × 训练中主要以利用基地进行实兵对抗演习为主; 指挥 × × 训练中主要以参加作战区域内的作战演习为主。从以上结果来看, 在综合运用各训练手段的同时, 主要是以信息化炮兵作战指挥训练手段运用为主。评估结果在为发展信息化炮兵作战指挥训练手段提供依据的同时, 也验证了发展信息化炮兵作战指挥训练手段的重要性和必要性。

参考文献:

- [1] 刘树海. 炮兵作战指挥学[M]. 北京: 解放军出版社, 1999.
- [2] 李洪峰. 复杂火力分配问题的正交优化解法[J]. 射击学报, 1999, 7(1): 5-7.
- [3] 北京大学数学力学系概率统计组编. 正交设计法[M]. 北京: 工业出版社, 1979.
- [4] 杨子胥. 正交表的构造[M]. 济南: 山东人民出版社, 1978.
- [5] 陈雨, 廖刚, 张继春. 基于 PDA 的炮兵训练考核系统[J]. 四川兵工学报, 2009(3): 87-88.