

环境试验与观测

靶场训练环境构设效果评估方法研究

赵超, 周伦, 龙照飞, 秦剑琪

(解放军 63611 部队, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: **目的** 针对靶场基地化训练战场环境构设效果难以定量评估的实际情况, 研究定量评估方法, 开展效果评估, 辅助支撑改进环境构设方案筹划与课目实施。**方法** 分析环境构设的内容, 确定效果评估的对象, 构建环境构设效果评估指标体系, 采用层次分析法计算权重取值, 采用专家打分法确定指标取值, 最终得出效果评估值, 并给出环境构设效果等级。**结果** 以某次基地化训练实践活动为例, 通过以上方法评估战场环境构设活动效果, 验证了该评估方法的可行性。**结论** 该评估方法实际可行, 提供了环境构设效果定量评估的思路, 对改进战场环境构设活动有较强的指导意义。

关键词: 基地化训练; 战场环境构设; 构设内容; 效果评估; 层次分析法; 专家打分法

中图分类号: E917 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9242(2024)04-0148-08

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2024.04.018

Method to Evaluate the Effect of Environment Construction for Training in Range

ZHAO Chao, ZHOU Lun, LONG Zhaofei, QIN Jianqi

(The PLA 63611 Troops, Xinjiang Korla 841000, China)

ABSTRACT: The work aims to study the method of quantitative evaluation, carry out the effect evaluation, and assist in improving the planning of environment construction scheme and course implementation in view of the fact that it is difficult to quantitatively evaluate the effect of battlefield environment construction in base training of range. The content of environment construction was analyzed, the target of the evaluation of effectiveness was confirmed and the evaluation system of the effect of environment construction was built. The analytic hierarchy process was adopted to calculate weight coefficient, the expert scoring was employed to get the values of the indicators and the value of the evaluation of effectiveness and the degree of the effect of environment construction were achieved. With a base training as example, the effect of the battlefield environment construction was evaluated by this method and the feasibility was verified. The evaluation method is viable, which provides the idea of the quantitative evaluation of the effect of environment construction and is conducive to improving the construction of battlefield environment.

KEY WORDS: base training; battlefield environment construction; content of construction; evaluation of effectiveness; analytic hierarchy process; expert scoring

基地化训练^[1]是提升部队训练质效的有效手段, 构设各类贴近实战的复杂战场环境, 是开展基地化训

练的前提和基础。当前, 针对战场环境构设的研究多集中于电磁环境领域。李文鹏等^[2]提出了基于相似理

收稿日期: 2023-12-09; 修订日期: 2024-02-29

Received: 2023-12-09; Revised: 2024-02-29

引文格式: 赵超, 周伦, 龙照飞, 等. 靶场训练环境构设效果评估方法研究[J]. 装备环境工程, 2024, 21(4): 148-155.

ZHAO Chao, ZHOU Lun, LONG Zhaofei, et al. Method to Evaluate the Effect of Environment Construction for Training in Range[J]. Equipment Environmental Engineering, 2024, 21(4): 148-155.

论和相似度计算的距离压缩构设方法,解决了装备位置灵活配置以提高逼真度的问题。王国松等^[3]针对复杂电磁环境构设存在的问题,提出了构设应对策略及方法。齐锋^[4]针对雷达干扰电磁环境不可见导致构设难等问题,给出了基于效果可视化的构设思路。此外,韩建辉^[5]、邵晓方等^[6]分别对海战场雷达电磁环境的构设流程进行了研究,王亚涛^[7]提出了电磁环境构设系统的设计思路。在环境构设评估方面,主要围绕电磁环境复杂度或逼真度开展。吴三元等^[8]通过分析复杂电磁环境参数,利用模糊数学理论评估了复杂电磁环境。戎华等^[9]从装备性能逼真度和战术应用逼真度,给出了电磁环境构设效果评估方法。赵顺恺等^[10-11]针对陆军基地化训练雷达干扰威胁环境构设方法,特别是对地面机动目标的威胁环境构设方法进行了研究,并初步建立了构设环境逼真度评估体系,提出了基于Vague集相似度的评估方法,用于电磁环境构设逼真度评估,解决了逼真度评估过程的不确定问题。攸立准^[12]利用相似系统理论来评估电磁环境构设的逼真度。梁桃红等^[13]在电磁环境构设复杂度和逼真度评估基础上,提出了基于威胁度标准的评估方法。

从文献来看,针对电磁环境构设与评估的研究较多,但对战场环境除电磁环境外的其他要素构设鲜有提及,缺乏从构设的实际作用效果角度开展综合评估的研究。实际上,为锤炼受训部队在各种复杂战场环境下的遂行任务能力,组训者在筹划开展基地化训练活动时,不仅要构设复杂电磁环境,还要有目的地构设一些自然环境和人文环境等。环境构设的好坏,针对性强不强,是组训人员需要面对的现实问题。为此,本文在现有研究基础上,系统梳理分析了战场环境构设的主要内容,并创新性地从构设效果的角度研究综合评估方法,使组训人员对环境构设的有效性和针对性有充分认识,以便于整体掌握环境构设效果,为梳理构设思路、改进构设方向提供依据。

1 战场环境构设与评估内容

结合军语等文献^[14-16]对战场环境的定义,本文从基地化训练的角度考虑,立足于为受训部队构设实战化的战场环境,同时便于组织实施,将环境构设内容大致分为自然环境构设、人文环境构设和电磁环境构设3类,构设的方式包括实物构设、虚拟仿真、虚实结合构设等。评估主要围绕各构设内容展开,定量衡量构设的针对性和有效性。

1.1 构设内容

1.1.1 自然环境构设

主要构设内容包括气象环境^[17]、水文环境^[18]、太空环境^[19-20]等,重点是构设对受训部队作战行动和武器装备运用有影响的自然环境条件,如大风、雷雨

等特殊天气,山洪、涨潮等水文事件,地磁暴、空间碎片抵近等异常太空事件。此类环境构设多以虚拟仿真构设手段为主。

1.1.2 人文环境构设

主要构设内容包括但不限于因人类活动直接或间接对受训部队产生影响的人文环境^[21],可能是某一客观情况,如道路交通情况、功能性建筑分布,也可能是某一具体事件,如指定区域供电线路故障、指定人员伤病需救治等。构设的方式包括实物构设、虚拟仿真、虚实结合构设等。

1.1.3 电磁环境构设

根据受训部队的职能使命和作战行动可能面临的战场环境情况,电磁环境构设是我战场环境构设的重点内容。从2011版《军语》、GJB 6130—2007《战场电磁环境术语》等文献对战场电磁环境相关术语的定义不难看出,对作战而言,电磁环境的落脚点均在于对作战有影响。因此,电磁环境构设也应落脚于对作战行动和装备运用有影响,避免脱离实际构设毫无意义的电磁环境。

电磁环境构设主要以实物构设为主,通过等效缩比等方式实现信号逼真模拟,也可根据需要辅以模拟信号注入等其他虚实手段。结合近年来靶场复杂电磁环境构设实践,按构设对象,分为雷达环境构设、通信环境构设、导航环境构设等^[22-26]。按照辐射源信号类型、受影响的电子信息系统类型,将复杂电磁环境分成以下3类:

1) 干扰信号电磁环境。主要是作战对手的通信干扰设备、雷达干扰设备、光电干扰设备、导航干扰设备等辐射产生的电磁环境,主要包括雷达威胁干扰环境、通信威胁干扰环境、光电威胁干扰环境等。可通过信号频率、信号功率、信号样式、调制方式、信号带宽、信号密度、输出信号路数、对抗变化程度等8个主要要素表征。

2) 目标信号电磁环境。主要是作战对手的通信设备、雷达设备、光电设备、制导设备、导航设备、敌我识别系统、测控系统、无线电引信等辐射产生的电磁环境,主要包括雷达目标环境、通信目标环境、光电目标环境等。可通过信号频率、信号功率、信号样式、调制方式、信号带宽、信号密度、输出信号路数等7个主要要素表征。

3) 背景信号电磁环境。包含自扰电磁环境与人为电磁环境。除了干扰信号电磁环境、目标信号电磁环境外,还有由敌方或己方/友方电磁设备辐射产生的电磁信号环境、民用电子设备辐射产生的电磁信号环境,以及杂波信号环境等。

1.2 评估内容

评估内容与环境构设内容是一一对应的,构设内

容实际效果怎么样,哪些构设内容可以多开展,哪些对训练提升作用不大,需要进行有针对性的评估。开展评估时,要厘清构设内容及相互间的逻辑关系,便于确定评估指标体系。本文提出了效果评估体系构建的基本思路,并采用层次分析法计算权重取值,采用专家打分法确定指标取值,最终得出评估结果。

2 构设效果评估体系构建

为评估构设的战场环境对训练活动的影响,需要构建构设效果评估指标体系,通过分析各指标的构设效果,来综合评估整体环境构设效果。

2.1 评估指标体系建立

根据第1节,战场环境构设效果由自然环境、人文环境、电磁环境构设效果综合评估得出,3类环境

构设效果由各自对应的分类环境或具体构设课目评估得出,如图1所示。可根据实际具体情况,适当增加或减少指标层,进一步优化指标体系。

假设 S 为战场环境构设效果评估值, $0 \leq S \leq 1$; S_i 为指标 i 的效果评估值, i 取值 $1 \sim 3$, 分别代表自然环境构设、人文环境构设、电磁环境构设3类指标, $0 \leq S_i \leq 1$; μ_i 为指标 i 的影响权重, $0 \leq \mu_i \leq 1$; S_{ij} 为指标 i 的下层指标 j 的效果评估值, j 取值 $1 \sim 3$, 代表的是指标 i 的下层指标, 例如 S_{11} 表示自然环境构设中的气象环境构设效果评估值, $0 \leq S_{ij} \leq 1$; μ_{ij} 为指标 i 的下层指标 j 的影响权重, $0 \leq \mu_{ij} \leq 1$; S_{ijk} 为指标 ij 的下层指标 k 的效果评估值, k 取值 $1 \sim n$, 代表的是指标 ij 的下层指标, 例如 S_{111} 表示气象环境构设课目1的效果评估值, $0 \leq S_{ijk} \leq 1$; μ_{ijk} 为指标 ij 的下层指标 k 的影响权重, $0 \leq \mu_{ijk} \leq 1$ 。有 $\sum \mu_i = \sum \mu_{ij} = \sum \mu_{ijk} = 1$ 。

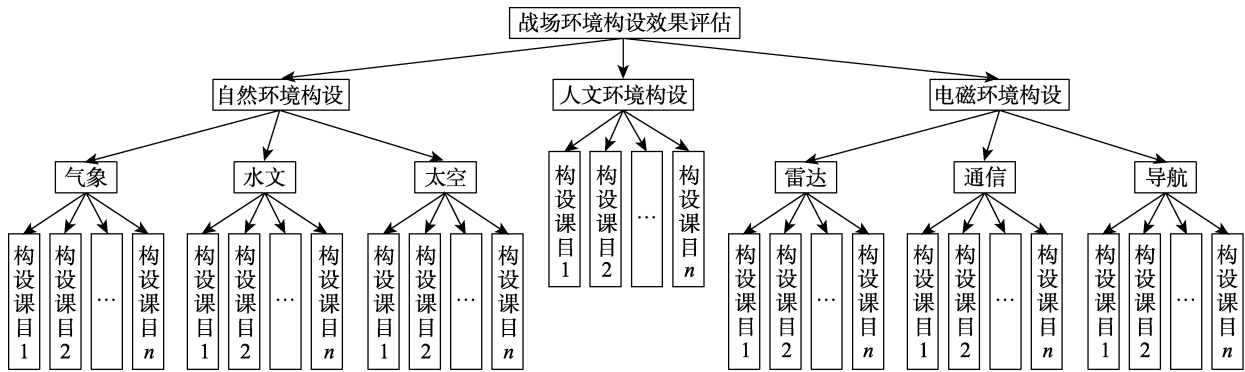


图1 战场环境构设效果评估内容的逻辑关系

Fig.1 Logical relationship of the evaluation content of the effect of battlefield environment construction

由此可得:

$$\begin{cases} S = \sum_{i=1}^n \mu_i S_i \\ S_i = \sum_{j=1}^n \mu_{ij} S_{ij} \\ S_{ij} = \sum_{k=1}^n \mu_{ijk} S_{ijk} \end{cases} \quad (1)$$

从式(1)可以看出,只要确定了指标权重值和对应的指标效果评估值,就可以算出某次战场环境构设的效果综合评估值。

2.2 权重取值分析

采用层次分析法来确定各级指标的权重^[15,27],主要按照以下3个步骤进行计算:建立层次分析结构模型;构造判断矩阵;层次单排序及一致性检验。在构造判断矩阵时,如何确定两两比较的量化尺度,没有明确统一的标准规范,实际操作时主要遵循以下两点原则:

1) 受训部队受构设内容的制约越大,即构设的

课目对受训部队影响越大,量化尺度就越大。

2) 受训部队针对构设课目临机处置的难度越大,量化尺度就越大。

层次分析法能够确定各级指标的权重 μ_i 、 μ_{ij} 、 μ_{ijk} ,但要得出综合评估值,还需要确定各构设课目指标的取值,即 S_{ijk} 。

2.3 指标取值分析

构设课目的取值,代表该课目对训练行动的构设效果,反映了该课目构设得好不好,对受训部队的影响大不大。课目的构设效果属于难以定量分析的因素,其取值常用专家打分法,取值结果为 $0 \sim 1$,数值越大,表明构设效果越好。

2.4 效果评估

由2.2和2.3节可分别得出各级指标的权重值 μ_i 、 μ_{ij} 、 μ_{ijk} 和构设课目效果的取值 S_{ijk} ,再根据式(1),可逐步计算出战场环境构设效果的综合评估值 S 。根据计算结果,本文将基地化训练战场环境构设效果分为4级,具体见表1。

表 1 战场环境构设效果等级划分
Tab.1 Grading of the effect of battlefield environment construction

评估准则	评估等级
$0 \leq S < 0.60$	不好
$0.60 \leq S < 0.80$	一般
$0.80 \leq S < 0.90$	较好
$0.90 \leq S \leq 1$	好

3 构设实践与效果评估检验

以靶场某次基地化训练实践活动为背景, 评估训练期间战场环境构设活动效果, 检验评估体系的可行性。

3.1 构设实践

本次训练实践活动分 4 个阶段逐一推进, 根据受训部队的性质特点和每阶段训练内容, 分别在特定时机构设了相应的环境课目, 汇总如表 2 所示。

3.2 效果评估检验

根据第 2 节构建的评估体系, 对本次实践活动构设效果进行分析。

3.2.1 建立评估指标体系

根据本次战场环境构设实践活动, 建立评估指标体系, 分课目分类别进行评估, 进而评估整体构设效果, 评估指标逻辑关系如图 2 所示。根据式 (1), 评估结果 S 由各自对应下级指标加权求和得出。

表 2 某次基地化训练实践活动环境构设课目情况
Tab.2 Courses of environment construction in a base training

课目	内容	
自然 环境 构 设	课目 1 发布大风天气预警, 通报未来将出现短时大风	
	课目 2 构设大风天气, 平均风速 14 m/s, 瞬时最大风速达 21 m/s	
	课目 3 某区域受持续大风影响出现沙尘暴, 能见度不足 500 m	
	课目 4 构设短时强降雨天气, 等级为大雨	
	课目 5 构设雷电交加天气	
水文	课目 1 某河流受短时强降雨影响, 水位暴涨, 淹没通行区道路和桥梁	
	课目 2 某山体受短时强降雨影响, 发生山体滑坡产生泥石流, 威胁人员装备	
太空	课目 1 受太阳冕洞高速流影响, 地磁发生小扰动, 有 9 h 达到小地磁暴水平, 21 h 达到活跃水平	
	课目 2 某国不顾国际强烈反对, 执意开展了太空试验, 产生了大量太空碎片, 对我作战行动产生威胁	
人文环境 构 设	课目 1 某不明身份人员抵近营地围观拍照, 意图未知	
	课目 2 地方危化品运输车遇袭发生泄漏, 有毒气体污染必经区域	
	课目 3 某处必经路段遭破坏, 短时间内难以修复	
	课目 4 遭遇敌方精确打击, 人员出现不同程度战伤, 需要现场紧急救治	
战场 环境 构 设	课目 1 构设某海基雷达背景信号	
	课目 2 构设某雷达干扰信号 (一)	
	课目 3 构设某雷达干扰信号 (二)	
	课目 4 构设某雷达目标信号	
	课目 5 构设某地基雷达背景信号	
	课目 6 构设某机载雷达背景信号	
	课目 1 构设多路短波通信背景信号	
	课目 2 构设某超短波通信干扰信号	
电磁 环境 构 设	课目 3 构设某微波通信干扰信号	
	课目 4 构设某卫星通信干扰信号 (一)	
	课目 5 构设某卫星通信干扰信号 (二)	
	课目 6 构设某频段通信背景信号	
	课目 7 构设某数传链路干扰信号 (一)	
	课目 8 构设某数传链路干扰信号 (二)	
	通信	课目 1 构设某导航干扰信号 (一)
		课目 2 构设某导航干扰信号 (二)
导航	课目 1 构设某导航干扰信号 (一)	
	课目 2 构设某导航干扰信号 (二)	

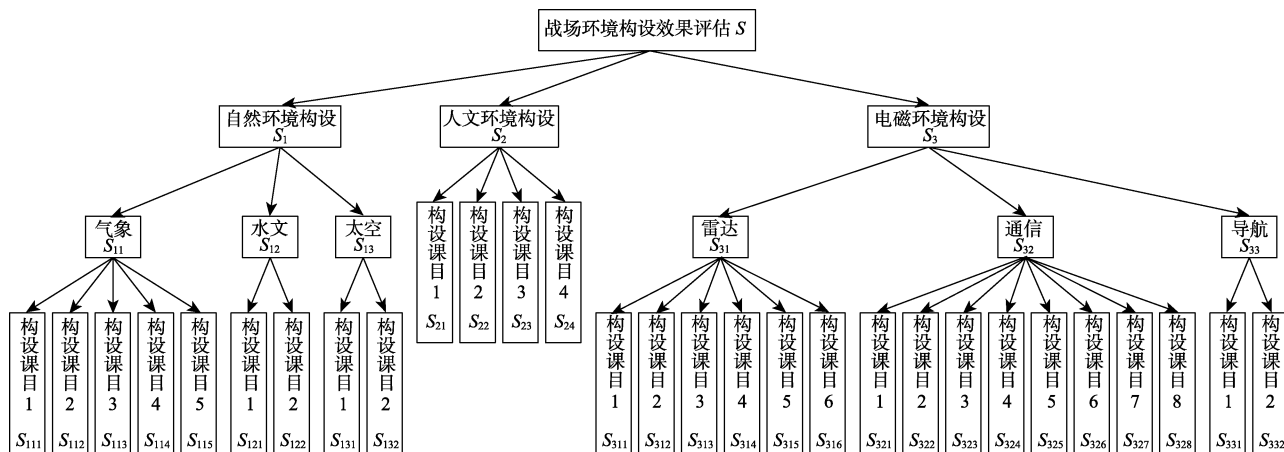


图 2 本次构设实践活动的评估指标逻辑关系

Fig.2 Logical relationship of evaluation indicators in this construction

3.2.2 计算权重取值

根据层次分析法确定各级指标的权重：

1) 建立层次分析结构模型，层次分析结构模型参照图 2。

2) 构造判断矩阵。针对各层级结构，采用两两比较的方法和 1~9 的比较尺度进行量化，构成成对比较矩阵，结果如表 3 所示。

3) 层次单排序及一致性检验。根据判断矩阵，

表 3 各层级判断矩阵结果

Tab.3 Results of judgment matrices on all levels

气象	课目 1	课目 2	课目 3	课目 4	课目 5			
课目 1	1	1/7	1/6	1/8	1/9			
课目 2	7	1	2	1/2	1/3			
课目 3	6	1/2	1	1/2	1/3			
课目 4	8	2	2	1	1/2			
课目 5	9	3	3	2	1			
水文	课目 1	课目 2						
课目 1	1	1/3						
课目 2	3	1						
太空	课目 1	课目 2						
课目 1	1	1/4						
课目 2	4	1						
雷达	课目 1	课目 2	课目 3	课目 4	课目 5	课目 6		
课目 1	1	1/8	1/8	1/5	1/3	1/3		
课目 2	8	1	1	3	5	5		
课目 3	8	1	1	3	5	5		
课目 4	5	1/3	1/3	1	3	3		
课目 5	3	1/5	1/5	1/3	1	1		
课目 6	3	1/5	1/5	1/3	1	1		
通信	课目 1	课目 2	课目 3	课目 4	课目 5	课目 6	课目 7	课目 8
课目 1	1	1/5	1/2	1/6	1/7	1	1/7	1/8
课目 2	5	1	4	1/2	1/3	5	1/2	1/3
课目 3	2	1/4	1	1/3	1/5	3	1/5	1/6
课目 4	6	2	3	1	1/2	6	1/2	1/3
课目 5	7	3	5	2	1	7	1	1/2
课目 6	1	1/5	1/3	1/6	1/7	1	1/7	1/8
课目 7	7	2	5	2	1	7	1	1/2
课目 8	8	3	6	3	2	8	2	1

续表 3

导航	课目 1	课目 2		
课目 1	1	4		
课目 2	1/4	1		
自然环境构设	气象	水文	太空	
气象	1	4	7	
水文	1/4	1	3	
太空	1/7	1/3	1	
人文环境构设	课目 1	课目 2	课目 3	课目 4
课目 1	1	1/6	1/4	1/7
课目 2	6	1	3	1/2
课目 3	4	1/3	1	1/3
课目 4	7	2	3	1
电磁环境构设	雷达	通信	导航	
雷达	1	1/3	2	
通信	3	1	5	
导航	1/2	1/5	1	
战场环境构设	自然环境构设	人文环境构设	电磁环境构设	
自然环境构设	1	1/3	1/8	
人文环境构设	3	1	1/4	
电磁环境构设	8	4	1	

求出最大特征根及其对应特征向量, 特征向量值的大小则表示该评价指标的重要性程度, 对特征向量做归一化处理, 即可得到该层指标的权重向量, 用 $\bar{\omega}_j$ 表示。经一致性检验, 一致性指标满足要求, 判断矩阵具有满意一致性, 如果不满足要求, 则需要重新调整判断矩阵, 直至符合一致性指标要求。为了简化工作量, 本文直接利用层次分析法软件 yaahp(V7.0 版本) 完成以上步骤, 采用方根法计算特征向量, 经归一化处理 and 一致性检验后, 计算结果见表 4。

3.2.3 确定指标取值

根据构设课目的实施, 分别从受训部队、评估团队、调理团队的角度考察课目构设的逼真度或有效性, 采用专家打分法对构设效果进行打分, 求取平均值确定指标取值。每个课目指标取值最终结果如表 5 所示。

3.2.4 计算综合评估结果

依据式 (1), 结合表 4 和表 5, 分别计算出各指标的评估值, 见表 6。

表 4 各判断矩阵最大特征根及权重向量

Tab.4 Maximum feature roots and weight vectors of all judgment matrices

指标	最大特征根	权重向量	一致性比率
气象	5.138 3	$\bar{\omega}_{11} = [0.029\ 8\ 0.175\ 1\ 0.128\ 7\ 0.257\ 4\ 0.409\ 0]^T$	0.030 9
水文	2.000 0	$\bar{\omega}_{12} = [0.250\ 0\ 0.750\ 0]^T$	0.000 0
太空	2.000 0	$\bar{\omega}_{13} = [0.200\ 0\ 0.800\ 0]^T$	0.000 0
雷达	6.124 4	$\bar{\omega}_{31} = [0.031\ 0\ 0.339\ 6\ 0.339\ 6\ 0.153\ 0\ 0.068\ 4\ 0.068\ 4]^T$	0.019 7
通信	8.239 7	$\bar{\omega}_{32} = [0.025\ 0\ 0.100\ 0\ 0.043\ 2\ 0.126\ 3\ 0.200\ 9\ 0.023\ 8\ 0.190\ 9\ 0.289\ 9]^T$	0.024 3
导航	2.000 0	$\bar{\omega}_{33} = [0.800\ 0\ 0.200\ 0]^T$	0.000 0
自然环境构设	3.032 4	$\bar{\omega}_1 = [0.704\ 9\ 0.210\ 9\ 0.084\ 2]^T$	0.031 1
人文环境构设	4.097 2	$\bar{\omega}_2 = [0.051\ 7\ 0.322\ 4\ 0.152\ 0\ 0.473\ 9]^T$	0.036 4
电磁环境构设	3.003 7	$\bar{\omega}_3 = [0.229\ 7\ 0.648\ 3\ 0.122\ 0]^T$	0.003 6
战场环境构设	3.018 3	$\bar{\omega} = [0.078\ 2\ 0.205\ 1\ 0.716\ 7]^T$	0.017 6

表5 各构造课目指标取值
Tab.5 Values of indicators of all courses of construction

指标	取值	指标	取值	指标	取值
气象构造课目 1	S_{111} 0.688	人文构造课目 1	S_{21} 0.644	通信构造课目 1	S_{321} 0.304
气象构造课目 2	S_{112} 0.772	人文构造课目 2	S_{22} 0.878	通信构造课目 2	S_{322} 0.684
气象构造课目 3	S_{113} 0.704	人文构造课目 3	S_{23} 0.886	通信构造课目 3	S_{323} 0.772
气象构造课目 4	S_{114} 0.914	人文构造课目 4	S_{24} 0.924	通信构造课目 4	S_{324} 0.906
气象构造课目 5	S_{115} 0.926	雷达构造课目 1	S_{311} 0.254	通信构造课目 5	S_{325} 0.934
水文构造课目 1	S_{121} 0.922	雷达构造课目 2	S_{312} 0.956	通信构造课目 6	S_{326} 0.412
水文构造课目 2	S_{122} 0.744	雷达构造课目 3	S_{313} 0.960	通信构造课目 7	S_{327} 0.956
太空构造课目 1	S_{131} 0.426	雷达构造课目 4	S_{314} 0.798	通信构造课目 8	S_{328} 0.968
太空构造课目 2	S_{132} 0.732	雷达构造课目 5	S_{315} 0.422	导航构造课目 1	S_{331} 0.878
		雷达构造课目 6	S_{316} 0.386	导航构造课目 2	S_{332} 0.784

表6 各指标评估值计算结果
Tab.6 Calculation results of the indicator evaluation value

指标	评估值	指标	评估值	指标	评估值
气象	S_{11} 0.860 3	水文	S_{12} 0.788 5	太空	S_{13} 0.670 8
雷达	S_{31} 0.835 9	通信	S_{32} 0.884 4	导航	S_{33} 0.859 2
自然环境构造	S_1 0.829 2	人文环境构造	S_2 0.888 9	电磁环境构造	S_3 0.870 2
战场环境构造	S 0.870 8				

3.3 构造效果分析

通过计算出的权重可以看出,电磁环境构造所占权重最大,是战场环境构造的重点,人文环境构造次之,自然环境构造对效果评估影响最小。其中,通信环境构造和气象环境构造分别在对应构造类型中所占权重最大。对受训部队行动的影响越大,其指标取值就越大。

在本次演练实践中,根据表6最终计算得出的战场环境构造综合评估值 $S=0.870\ 8$,结合表1中战场环境构造效果等级划分,本次基地化训练实践活动战场环境构造效果可以评为“较好”,是各构造课目的权重和指标取值综合计算的结果。结果表明,开展基地化训练战场环境构造,需要根据受训部队的性质,有针对性地重点构造对受训部队人员装备或作战行动产生影响的环境,才能取得预期构造效果,达到训练目的。

4 结语

本文建立了基地化训练战场环境构造效果评估体系,探索了环境构造效果评估方法,一定程度上回答了“环境构造得怎么样”“构造重点是什么”等疑问,为改进战场环境构造活动提供了思路方向。由于模型可能覆盖不全,加之构造的判断矩阵和指标取值不能排除主观因素的影响,需要结合其他方法继续深入研究评估手段,完善战场环境构造效果评估研究。

参考文献:

[1] 李冬,谢虹,闫了了.电子对抗基地化训练及其导调概念[J].国防科技,2009,30(1):53-57.
LI D, XIE H, YAN L L. Research on Conception of Training for EW and Directing and Adjusting in the Base[J]. National Defense Science & Technology, 2009, 30(1): 53-57.

[2] 李文鹏,冯涛,蔡啸.训练电磁环境距离压缩构造相关问题研究[J].舰船电子工程,2014,34(4):174-177.
LI W P, FENG T, CAI X. Distance Equivalence Construction of Training Electromagnetic Environment[J]. Ship Electronic Engineering, 2014, 34(4): 174-177.

[3] 王国松,马冬冬,刘宗福.靶场复杂电磁环境构造方法研究[J].数字技术与应用,2017(11):41-42.
WANG G S, MA D D, LIU Z F. Research on Complex Electromagnetic Environment Setting Method in Shooting Range[J]. Digital Technology and Application, 2017(11): 41-42.

[4] 齐锋.雷达干扰电磁环境可视化构造方法研究[J].信息工程大学学报,2015,16(6):738-742.
QI F. Study of Electromagnetic Environment Setting for Radar Jamming Based on Visualization Technique[J]. Journal of Information Engineering University, 2015, 16(6): 738-742.

[5] 韩建辉.一种海战场雷达信号环境构造方法[J].电子技术与软件工程,2017(6):87.
HAN J H. Method for Constructing Radar Signal Environment in Sea Battlefield[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2017(6): 87.

[6] 邵晓方,李家森.一种海战场威胁电磁环境构造方案

- 的设计方法[J]. 现代防御技术, 2019, 47(5): 137-142.
SHAO X F, LI J S. Design Method of Threatening Electromagnetic Environment Construction Plan in Sea Battlefield[J]. Modern Defence Technology, 2019, 47(5): 137-142.
- [7] 王亚涛. 电子信息靶场复杂电磁环境构设系统开发应用[J]. 信息记录材料, 2020, 21(2): 210-211.
WANG Y T. Development and Application of Complex Electromagnetic Environment Construction System for Electronic Information Shooting Range[J]. Information Recording Materials, 2020, 21(2): 210-211.
- [8] 吴三元, 侯志楠, 程红跃, 等. 复杂电磁环境评估方法研究[J]. 信息化研究, 2010, 36(5): 52-54.
WU S Y, HOU Z N, CHENG H Y, et al. Study on Valuation Method of Complicated Electromagnetism Environment[J]. Informatization Research, 2010, 36(5): 52-54.
- [9] 戎华, 邵晓方. 基于逼真度的战场电磁环境构设效果评估方法[J]. 军事运筹与系统工程, 2014, 28(3): 35-38.
RONG H, SHAO X F. Evaluation Method of Battlefield Electromagnetic Environment Construction Effect Based on Fidelity[J]. Military Operations Research and Systems Engineering, 2014, 28(3): 35-38.
- [10] 赵顺恺, 李修和, 沈阳, 等. 陆军基地化训练雷达干扰威胁环境构设方法研究[J]. 装备环境工程, 2015, 12(2): 75-80.
ZHAO S K, LI X H, SHEN Y, et al. Research on the Methods of Constructing Radar Jamming Threatened Environment for Army in the Training Base[J]. Equipment Environmental Engineering, 2015, 12(2): 75-80.
- [11] 赵顺恺, 李修和, 沈阳, 等. 基于 Vague 集相似度的战场电磁环境构设逼真度评估[J]. 火力与指挥控制, 2015, 40(12): 106-110.
ZHAO S K, LI X H, SHEN Y, et al. Vague Set Similarity Theory-Based Method for Evaluating Battlefield Electromagnetic Environment Construction Fidelity[J]. Fire Control & Command Control, 2015, 40(12): 106-110.
- [12] 攸立准. 电磁环境构设逼真度评估方法研究[J]. 无线电通信技术, 2016, 42(2): 84-87.
YOU L Z. Research on Fidelity Evaluation of Electromagnetic Environment Construction[J]. Radio Communications Technology, 2016, 42(2): 84-87.
- [13] 梁桃红, 刘正锋, 栾伟, 等. 训练电磁环境构设的威胁度评估[J]. 数字技术与应用, 2018, 36(8): 226-228.
LIANG T H, LIU Z F, LUAN W, et al. The Threat Degree Assessment of Training Electromagnetic Environment Construction[J]. Digital Technology & Application, 2018, 36(8): 226-228.
- [14] 全军军事术语管理委员会, 军事科学院. 中国人民解放军军语(2011版)[M]. 北京: 军事科学出版社, 2011.
Military Terminology Management Committee of PLA, Academy of Military Sciences. Military Terminology of PLA(2011)[M]. Beijing: Military Science Press, 2011.
- [15] 张为华, 汤国建, 文援兰, 等. 战场环境概论[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
ZHANG W H, TANG G J, WEN Y L, et al. Introduction to Battlefield Environment[M]. Beijing: Science Press, 2013.
- [16] 池亚军, 薛兴林. 战场环境与信息化战争[M]. 北京: 国防大学出版社, 2010.
CHI Y J, XUE X L. Battlefield Environment and Information War[M]. Beijing: National Defense University Press, 2010.
- [17] 赵旭赞, 赵斯强, 阮长明, 等. 军事训练信息系统中气象水文环境的构建[J]. 指挥控制与仿真, 2013, 35(3): 104-108.
ZHAO X Y, ZHAO S Q, RUAN C M, et al. Buildup of Meteorology & Hydrology Environment in Military Training Information System[J]. Command Control & Simulation, 2013, 35(3): 104-108.
- [18] 赵旭赞, 赵斯强, 宋彬, 等. 面向军事训练的海洋气象水文环境模型[J]. 信息技术, 2015, 39(9): 207-210.
ZHAO X Y, ZHAO S Q, SONG B, et al. Research on Ocean Meteorology & Hydrology Environment Modeling in Military Training Information System[J]. Information Technology, 2015, 39(9): 207-210.
- [19] PISACANE V L. The Space Environment and Its Effects on Space Systems[M]. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2008.
- [20] 马振凯. 空间碎片环境中的航天器生存力评估[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
MA Z K. Spacecraft Survivability to Space Debris Risk[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2017.
- [21] 王恩涌. 人文地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
WANG E Y. Human Geography[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [22] DAVID L.A. EW101: A First Course in Electronic Warfare[M]. New York: Artech House Publishers, 2001.
- [23] DAVID L.A. EW102: A Second Course in Electronic Warfare[M]. New York: Artech House Publishers, 2004.
- [24] DAVID L.A. EW103: Tactical Battlefield Communications Electronic Warfare[M]. New York: Artech House Publishers, 2009.
- [25] DAVID L.A. EW104: EW Against a New Generation of Threats[M]. New York: Artech House Publishers, 2015.
- [26] DAVID L.A. EW105: Space Electronic Warfare[M]. New York: Artech House Publishers, 2021.
- [27] 周华任. 综合评价方法及其军事应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
ZHOU H R. Comprehensive Evaluation Method and Its Military Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.