

doi: 10.7690/bgzdh.2024.11.013

# 基于 AHP-模糊综合评定的炮兵连作战试验能力评价方法研究

孔刚鹏

(中国人民解放军 63876 部队 陕西 华阴 714200)

**摘要:** 针对作战试验的特点分析作战试验对炮兵连的能力要求, 建立炮兵连作战试验能力评价体系。利用层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 确定指标权重, 根据模糊综合评定方法对作战试验能力水平进行全面评价。结果表明: 该方法能够客观、全面反映炮兵连整体作战试验能力, 可用于炮兵连作战试验能力考核评价, 为充分考核武器系统作战效能和作战适应性打下基础。

**关键词:** 作战试验; 评价指标; 层次分析法; 模糊综合评定

**中图分类号:** TJ811 **文献标志码:** A

## Research on Evaluation Method of Artillery Company Operational Test Capability Based on AHP-Fuzzy Comprehensive Evaluation

Kong Gangpeng

(No. 63876 Unit of PLA, Huayin 714200, China)

**Abstract:** According to the characteristics of operational test, the requirements of operational test for the capability of artillery company are analyzed, and the evaluation system of operational test capability of artillery company is established. The analytic hierarchy process (AHP) is used to determine the index weight, and the fuzzy comprehensive evaluation method is used to evaluate the combat test capability level comprehensively. The results show that the method can objectively and comprehensively reflect the overall operational test capability of the artillery company, and can be used to assess the operational test capability of the artillery company, which lays the foundation for fully assessing the operational effectiveness and operational adaptability of the weapon system.

**Keywords:** combat test; evaluation index; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation

### 0 引言

作战试验是在逼真的战场环境下, 成建制地开展武器系统试验, 主要考核武器系统的作战效能和作战适应性<sup>[1]</sup>。在作战试验开展过程中, 武器系统作战效能的发挥与参试部队的能力水平有直接的关系。炮兵连是开展火炮武器系统作战试验的基本作战单元, 炮兵连的整体试验能力水平直接影响着火炮武器系统作战试验的开展和作战效能的发挥; 因此, 每次在作战试验正式进行之前, 都要组织对炮兵连进行训练, 以提高连操作武器装备和作战能力水平。

目前, 对炮兵连作战试验能力水平评价普遍采用问卷调查和实装考核的方式, 通过收集部队操作人员的反馈信息来做定性评价, 局限于对武器系统操作人员的考核, 对连队指挥员未进行全面考核, 考核结果不能全面客观衡量炮兵连的真实能力水平。

笔者采用层次分析法赋权, 利用模糊综合评定方法, 采取定性定量相结合的方式评价武器装备操作人员训练水平, 能够比较客观地反映参加作战

试验的炮兵连整体能力水平, 对在作战试验中开展武器装备训练具有一定的促进作用。

### 1 炮兵连作战试验能力水平评价体系

#### 1.1 作战试验对炮兵连能力水平要求分析

作战试验有其自身特点, 作战试验对参试部队的能力要求与部队演习有很大区别, 作战试验考核的重点依然是武器装备, 而演习则侧重于对部队作战能力水平的考核。作战试验是在构建逼真战场环境条件下, 根据预先制定的作战想定成系统成建制的操作运用武器系统开展作战效能与作战适应性试验。

根据作战试验的使命任务, 作战试验对参试炮兵连的能力要求是: 参与完成作战试验方案的制定, 贯彻执行作战试验方案, 在一定的战术背景下完成火力打击等既定任务, 具有一定的射击指挥、炮兵射击专业知识; 能熟练操作火炮, 排除火炮故障等。

根据作战试验对炮兵连能力要求, 炮兵连作战试验能力水平主要取决于炮兵连指挥员、炮班班长

收稿日期: 2024-06-17; 修回日期: 2024-07-20

第一作者: 孔刚鹏(1978—), 男, 陕西人, 硕士。

和炮班的整体能力。笔者将炮兵连作战试验能力水平按照炮兵连指挥员、炮班班长、炮班 3 类进行能力评价。

### 1.2 建立炮兵连能力水平评价体系

#### 1.2.1 炮兵连指挥员能力评价体系

炮兵连指挥员包括连长、副连长、排长，他们之间各有分工，对连长的能力要求主要为既要懂军事指挥，又要精通炮兵专业知识。在作战试验中具体体现为具备作战试验基本知识、精通炮兵专业知识与射击指挥、熟悉战术想定的制定，积极贯彻落实作战试验任务部署等方面。对政治指导员的要求就是要做好作战试验中的政治思想工作 and 宣传工作，积极调动连队参试人员的积极性，宣传报道作战试验中涌现出的先进典型。副连长在作战试验中的主要任务是做好试验物资和生活保障。对排长的要求是精通炮兵专业技能和射击指挥流程。建立炮兵连指挥员能力评价因素集  $A_1=(B_1, B_2, B_3, B_4)$ 。

#### 1.2.2 炮兵班整体能力水平评价体系

炮兵班在作战试验中是最小的作战单元，炮班成员之间密切配合完成规定的战术与火炮射击任务。因此，炮兵班能力水平的高低直接决定作战试验任务实施的效果，炮班作为最基本的作战单元，其作战能力主要体现在炮班之间配合的熟练程度，火炮的架设速度、撤收速度、瞄准精度、火力打击速度等。建立炮兵班整体能力评价因素集  $A_2=(B_5, B_6, B_7, B_8)$ 。

#### 1.2.3 炮班班长能力评价体系

炮班班长是炮兵连的骨干，既是炮兵连的业务骨干，也是管理骨干。对炮班班长的要求是精通火炮操作与射击技能，具备火炮常见故障的排除、突发情况的处置能力，组织炮班开展日常训练等能力。建立炮兵班班长能力评价因素集  $A_3=(B_9, B_{10}, B_{11}, B_{12})$ 。

因此，根据对炮兵连各类人员的能力分析，建立炮兵连能力水平评价体系如图 1 所示。

## 2 AHP-多层次模糊综合评定方法

### 2.1 层次分析法

层次分析法(AHP)是一种解决多指标复杂系统问题的一种定量分析方法，其基本思想是将问题自上而下分解为目标层、准则层、指标层，采用两两对比的方法构造判断矩阵、逐层确定各层相对于上

一层的排序权重<sup>[2]</sup>。权重值的确定直接影响模糊综合评定的结果，因而科学确定指标权重在综合评定中极为重要。

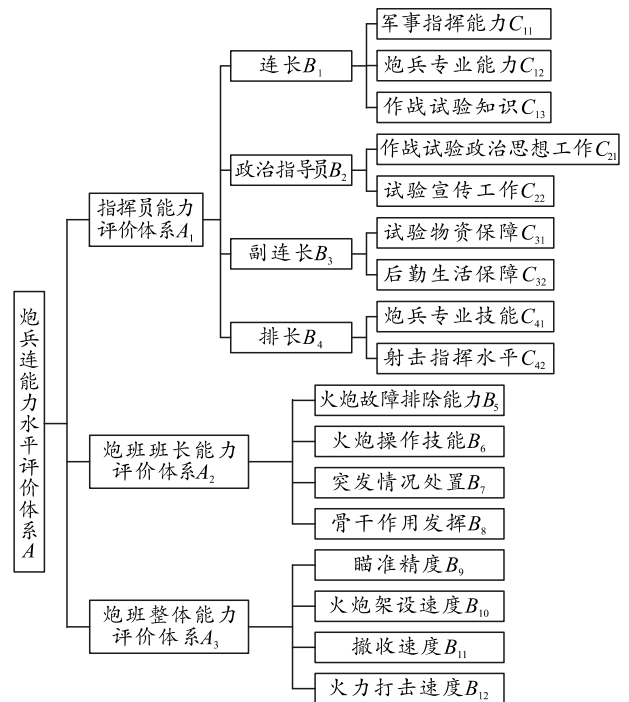


图 1 炮兵连作战试验能力评价指标体系

#### 2.1.1 构造判断矩阵

在建立层次结构模型以后，上下层次之间因素的隶属关系就被确定了。在此基础上，需要对每个层次中各因素的权重作出判断。判断矩阵通常 1-9 标度方法如表 1 所示<sup>[3]</sup>，分别对每一层次的评价指标的相对重要性进行定性描述，并用准确的数字进行量化表示，确定两两比较判断矩阵。

表 1 判断矩阵标度

标度 $a_{ij}$	含义
1	$i$ 元素与 $j$ 元素同等重要
3	$i$ 元素比 $j$ 元素稍微重要
5	$i$ 元素比 $j$ 元素较为重要
7	$i$ 元素比 $j$ 元素较为重要
9	$i$ 元素比 $j$ 元素极端重要
2, 4, 6, 8	为上述相邻判断的中间值
倒数 $(1/a_{ij})$	$(1/a_{ij})$ 表示 $j$ 元素与 $i$ 元素比较的结果

#### 2.1.2 确定各因素权重并进行一致性检验

1) 设判断矩阵  $B_i$  的最大特征根为  $\lambda_{max}$ ，相应的特征向量为  $W$ ，则  $W$  与  $\lambda_{max}$  的计算方法如下：

- ①  $B_i$  的元素按行相乘；
- ② 所得到的乘积分别开  $n$  次方；
- ③ 方根向量归一化得排序权重向量  $W$ ；

$$\textcircled{4} \lambda_{max} = \sum_{i=1}^n (B \cdot W)_i / (n \cdot W_i)。$$

2) 确定指标权重。

由表 1 确定的判断矩阵  $A$  可以计算出它的最大特征根  $\lambda_{\max}$ , 对应的特征向量为  $W$ , 将  $W$  归一化后即为一层次相应元素对于上一层次某一元素相对重要性的权重  $W_i$ 。

3) 一致性检验。

计算一致性指标:

$$C_I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \tag{1}$$

随机一致性比例  $C_R$ :

$$C_R = C_I / I_R \tag{2}$$

当  $C_R < 0.1$  时, 认为判断矩阵具有良好的一致性, 否则应调整判断矩阵元素的取值, 随机一致性指标  $C_R$  如表 2 所示<sup>[4]</sup>。

表 2 判断矩阵的随机一致性指标

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_R$	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.44	1.45

2.2 模糊综合评价

模糊综合评估是在模糊的环境中, 考虑了多种因素的影响, 出于某种目的对某事物做出的综合决断或决策<sup>[5]</sup>, 模糊综合评判法不仅可对评价对象按综合分值的大小进行评价和排序, 还可根据模糊评价集上的值按最大隶属度原则去评定对象所属的等级。其优点是可对涉及模糊因素的对象进行综合评价, 克服了传统数学方法结果单一的缺陷, 结果包含的信息量丰富。

2.2.1 建立评价集

首先对因素集  $U$  的单个元素进行评价, 确定评价对象对因素集中各元素的隶属程度。然后将  $n$  各因素的评价集组成一个总的评价矩阵, 通常以  $R$  表示。

2.2.2 建立权重向量

在评价体系中, 各个因素的重要程度是不一样的, 因此对各个因素  $U$  应赋予相应的权数  $W_j$ 。由各权数所构成的向量  $W_i = (W_1, W_2, \dots, W_n)$  称为因素权重向量。

2.2.3 建立评语集

将炮兵连能力水平划分为优秀、良好、中等、较差 4 个等级, 记为:

$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优秀, 良好, 中等, 较差}\} = \{1, 2, 3, 4\}$ 。

2.2.4 模糊综合评定数学模型

当权重向量  $W$  和评判矩阵  $R$  已知时, 其数学

模型为:

$$B = W \cdot R \tag{3}$$

将  $B$  与模糊评定向量  $V$  相乘即得出综合评价结果为:

$$Q = B \cdot V^T \tag{4}$$

由作战试验专家组根据炮兵连作战试验能力评价体系对参加试验的炮兵连进行考核, 最后综合各指标考核结果综合评定出炮兵连作战试验能力水平。

3 某炮兵连作战试验能力水平评定

3.1 建立评价因素集

以某型轻高机炮炮兵连为例, 对炮兵连能力水平开展评价。首先根据图 1 所示的评价指标体系建立评价指标因素集  $A = (A_1, A_2, A_3)$ , 其中  $A_1 = (B_1, B_2, B_3, B_4)$ ;  $A_2 = (B_5, B_6, B_7, B_8)$ ;  $A_3 = (B_9, B_{10}, B_{11}, B_{12})$ ;  $B_1 = (C_{11}, C_{12}, C_{13})$ ;  $B_2 = (C_{21}, C_{22})$ ;  $B_3 = (C_{31}, C_{32})$ ;  $B_4 = (C_{41}, C_{42})$ 。

3.2 计算各指标权重

首先对  $A = (A_1, A_2, A_3)$  两两做重要性比较, 得出一级指标  $A_1 - A_3$  各元素的判断矩阵, 如表 3 所示。

表 3 判断矩阵  $B$

$A-A_i$	$A_1$	$A_2$	$A_3$
$A_1$	1	3	1/2
$A_2$	1/3	1	1/5
$A_3$	2	5	1

然后计算因素  $A_1, A_2, A_3$  权重, 求各行矩阵乘积的  $1/m(m=3)$  次方数值( $w_i$ ):

$$w_1 = \sqrt[3]{1 \times 3 \times 1/2} = 1.145; \quad w_2 = \sqrt[3]{1/3 \times 1 \times 1/5} = 0.333; \\ w_3 = \sqrt[3]{2 \times 5 \times 1} = 2.154; \quad w = w_1 + w_2 + w_3 = 3.632 \tag{5}$$

归一化得:

$$a_1 = w_1/w = 0.315; \quad a_2 = w_2/w = 0.099; \quad a_3 = w_3/w = 0.593 \tag{6}$$

得出一级指标各因素权重为:

$$W = (a_1, a_2, a_3) = (0.315 \quad 0.099 \quad 0.593) \tag{7}$$

3.3 进行一致性检验

$$BW = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/2 \\ 1/3 & 1 & 1/5 \\ 2 & 5 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.315 \\ 0.099 \\ 0.593 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.909 \\ 0.322 \\ 1.718 \end{bmatrix} \tag{8}$$

由判断矩阵可得出其最大特征值:

$$\lambda_{\max} = \frac{0.909}{3 \times 0.315} + \frac{0.322}{3 \times 0.099} + \frac{1.718}{3 \times 0.593} = 3.009;$$

$$C_I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.009 - 3}{3 - 1} = 0.045;$$

$$C_R = C_I / I_R = 0.045 / 0.58 = 0.08 < 0.1. \quad (9)$$

当  $C_R < 0.1$  时，判断矩阵的结果为可接受，符合一致性检验，各因素所占权重是合理的。

同理可以分别计算二级指标、三级指标的权重。

### 3.4 评定指标隶属度

指标隶属度的计算采用专家比例法，由作战试验专家小组的 10 位成员根据已定的评估等级标准依次进行考核，对各个指标进行判断评估，根据对该评估专家所占比例，确定该指标评语集。如对指标火炮操作技能( $B_6$ )的专家意见如表 4 所示。火炮操作技能( $B_6$ )的评语集为(0.60 0.20 0.20 0)。同样可以根据专家的评定意见给出其他指标的评语集。

表 4 火炮操作技能专家意见评估

专家	指标等级数量			
	优	良	中	差
1	√			
2		√		
3	√			
4	√			
5	√			
6		√		
7				√
8				√
9	√			
10	√			
所占比例	0.60	0.20	0.20	0

### 3.5 运用模糊综合评定数学模型

综合计算所得各指标权重和专家对各指标的考核评语集，可得出各评价指标的权重和隶属度，具体数值如表 5 所示。

表 5 炮兵连作战试验能力水平影响因素模糊综合评估分值结果

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	指标隶属度					
						$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$		
$A_1$	0.315	$B_1$	0.483	$C_{11}$	0.471	0.6	0.2	0.2	0		
				$C_{12}$	0.411	0.7	0.2	0.1	0		
				$C_{13}$	0.118	0.6	0.3	0.1	0		
		$B_2$	0.271	$C_{21}$	0.833	0.5	0.3	0.1	0.1		
				$C_{22}$	0.167	0.5	0.2	0.2	0.1		
				$B_3$	0.156	$C_{31}$	0.750	0.6	0.2	0.2	0
						$C_{32}$	0.250	0.5	0.3	0.1	0.1
		$A_2$	0.099	$B_4$	0.090	$C_{41}$	0.667	0.7	0.3	0	0
$C_{42}$	0.333					0.8	0.1	0.1	0		
$B_5$	0.251			/	/	0.7	0.2	0.1	0		
$B_6$	0.494			/	/	0.6	0.2	0.2	0		
$B_7$	0.113			/	/	0.6	0.3	0.1	0		
$B_8$	0.142			/	/	0.5	0.2	0.2	0.1		
$A_3$	0.593	$B_9$	0.493	/	/	0.7	0.2	0.1	0		
				$B_{10}$	0.153	/	/	0.6	0.2	0.2	0
		$B_{11}$	0.153	/	/	0.7	0.1	0.1	0.1		
				$B_{12}$	0.201	/	/	0.8	0.1	0.1	0

首先利用多层次模糊综合评估方法，建立多层次评估模型：

$$A_1 \cdot R_{A_1} = (B_1, B_2, B_3, B_4) \cdot R_{B_i} \quad (10)$$

式中：

$$R_{B_1} = (C_{11}, C_{12}, C_{13}) \cdot R_{C_i} = (0.471 \ 0.411 \ 0.118) \times \begin{pmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} = (0.641 \ 0.212 \ 0.147 \ 0);$$

$$R_{B_2} = (C_{21}, C_{22}) \cdot R_{C_i} = (0.833 \ 0.167) \times \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \end{pmatrix} = (0.500 \ 0.283 \ 0.117 \ 0.100);$$

$$R_{B_3} = (C_{31}, C_{32}) \cdot R_{C_i} = (0.75 \ 0.25) \times \begin{pmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.3 & 0.1 & 0.1 \end{pmatrix} = (0.575 \ 0.225 \ 0.175 \ 0.025);$$

$$R_{B_4} = (C_{41}, C_{42}) = (0.667 \ 0.333) \times \begin{pmatrix} 0.7 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} = (0.733 \ 0.233 \ 0.033 \ 0);$$

$$R_{A_1} = \begin{pmatrix} 0.641 & 0.212 & 0.147 & 0 \\ 0.500 & 0.283 & 0.117 & 0.100 \\ 0.575 & 0.225 & 0.175 & 0.025 \\ 0.733 & 0.233 & 0.033 & 0 \end{pmatrix}.$$

所以， $A_1 R_{A_1} = (B_1, B_2, B_3, B_4) \cdot (R_{B_1}, R_{B_2}, R_{B_3}, R_{B_4}) =$

$$(0.483 \ 0.271 \ 0.156 \ 0.090) \times \begin{pmatrix} 0.641 & 0.212 & 0.147 & 0 \\ 0.500 & 0.283 & 0.117 & 0.1 \\ 0.575 & 0.225 & 0.175 & 0.025 \\ 0.733 & 0.233 & 0.033 & 0 \end{pmatrix} = (0.601 \ 0.235 \ 0.133 \ 0.031);$$

$$A_2 R_{A_2} = (0.251 \ 0.494 \ 0.113 \ 0.142) \times \begin{pmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} = (0.628 \ 0.200 \ 0.161 \ 0.011);$$

$$A_3 \cdot R_{A_3} = (0.493 \quad 0.153 \quad 0.153 \quad 0.201) \times \begin{pmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0.8 & 0.1 & 0.1 & 0 \end{pmatrix} = (0.705 \quad 0.165 \quad 0.115 \quad 0.015)。$$

由于评判集  $V=\{1, 2, 3, 4\}$ ，所以综合评判值为：

$$Q=(A_1 \quad A_2 \quad A_3) \cdot \begin{pmatrix} A_1 \cdot R_{A_1} \\ A_2 \cdot R_{A_2} \\ A_3 \cdot R_{A_3} \end{pmatrix} \cdot (1 \quad 2 \quad 3 \quad 4)^T = (0.315 \quad 0.099 \quad 0.593) \times \begin{pmatrix} 0.601 & 0.235 & 0.133 & 0.031 \\ 0.628 & 0.200 & 0.161 & 0.011 \\ 0.705 & 0.165 & 0.115 & 0.015 \end{pmatrix} \times (1 \quad 2 \quad 3 \quad 4)^T = (0.6695 \quad 0.1916 \quad 0.1260 \quad 0.0167) \times (1 \quad 2 \quad 3 \quad 4)^T = 1.5095。 \tag{11}$$

评定值  $Q=1.5095$ ，根据评定集  $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}=\{\text{优秀, 良好, 中等, 较差}\}=\{1, 2, 3, 4\}$ 可知，该炮兵连作战试验能力介于优秀和良好之间，能够满足作战试验任务的顺利开展。

\*\*\*\*\*

(上接第 40 页)

[3] GE J, WANG F, SUN H, et al. Research on the maturity of big data management capability of intelligent manufacturing enterprise[J]. *Systems Research and Behavioral Science*, 2020, 37(4): 646-662.

[4] 何竞舒. 基于电力企业物资供应的供应链管理整合探讨[J]. *通讯世界*, 2019, 26(354): 232-233.

[5] 范露峰. 电网物资全供应链的大数据应用[J]. *销售与管理*, 2019, 26(14): 53-54.

[6] 卢晓龙, 任绪增, 李胜杰, 等. 寄售模式在电力营销类物资需求管理中的应用[J]. *中外企业家*, 2019, 658(32): 116.

[7] ZHOU K, WEI S, YANG S. Time-of-use pricing model based on power supply chain for user-side microgrid[J]. *Applied energy*, 2019, 248: 35-43.

[8] 王伟, 施海晓, 葛承. 基于财务智慧开票结算一体机的电网企业供应商自助服务模式探索—以国网浙江省电力有限公司物资分公司实践为例[J]. *经济管理文摘*, 2020, 755(17): 157-159.

[9] NASIRI M, UKKO J, SAUNILA M, et al. Managing the

### 4 结论

笔者建立炮兵连作战试验能力评价体系，并利用层次分析法与模糊综合评定法综合评价炮兵连作战试验能力水平，克服了以往考核结果不全面、主观性较大等问题，通过全面评价可以促进炮兵连开展针对性训练，提升炮兵连作战试验能力水平。

### 参考文献：

[1] 王凯, 赵定海, 闫耀东, 等. 武器装备作战试验[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 66-75.

[2] 廖英, 王月香, 华志明. 基坑支护方案的改进 AHP 与多级模糊综合评判[J]. *地下空间与工程学报*, 2011, 7(4): 706-710.

[3] 段礼祥, 张来斌, 钱永梅. AHP-模糊综合评定法在离心泵安全评价中的应用[J]. *中国安全生产科学技术*, 2011, 7(2): 127-131.

[4] 张震, 于天彪, 梁宝珠, 等. 基于层次分析法与模糊综合评价的供应商评价研究[J]. *东北大学学报(自然科学版)*, 2006, 27(10): 1142-1145.

[5] 徐英, 王英山, 柳辉, 等. 装备试验与评价概论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2016: 214-215.

digital supply chain: The role of smart technologies[J]. *Technovation*, 2020, 96: 102121.

[10] 喻晓, 朱军, 黄磊, 等. 北京电力公司物资仓储“四化”体系建设探究[J]. *中国管理信息化*, 2019, 22(2): 87-88.

[11] XU L, HUANG F, DU J, et al. Decisions in Power Supply Chain with Emission Reduction Effort of Coal-Fired Power Plant under the Power Market Reform[J]. *Sustainability*, 2020, 12(16): 6582.

[12] YUAN H, QIU H, BI Y, et al. Analysis of coordination mechanism of supply chain management information system from the perspective of block chain[J]. *Information Systems and e-Business Management*, 2020, 18(4): 681-703.

[13] 朱贝宁. 电网应急物资保障的供应链管理策略[J]. *科技经济导刊*, 2019, 27(696): 200-201.

[14] WANG M, WU Y, CHEN B, et al. Blockchain and supply chain management: a new paradigm for supply chain integration and collaboration[J]. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 2020, 14(1): 111-122.