

doi: 10.7690/bgzdh.2022.03.006

基于 AHP 的导弹定型用测试库房管理质量评估

陈鹏^{1,2}, 姜普涛¹, 陆晨³

(1. 海军航空大学岸防兵学院, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 92941 部队 41 分队, 辽宁 葫芦岛 125001;
3. 江苏北方湖光光电有限公司检测中心, 江苏 无锡 214000)

摘要: 为提高管理水平, 采用层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 进行导弹测试库房管理质量评估。建立递阶层次结构, 在分析导弹测试库房管理质量影响因素的基础上进行评估, 得出影响测试库房管理质量的关键因素。实例分析结果表明: 该方法充分提高了评价结果的准确性, 可为导弹测试库房质量管理提供参考。

关键词: AHP; 导弹; 定型; 库房; 管理质量; 评估

中图分类号: TJ760 **文献标志码:** A

Management Quality Evaluation of Test Warehouse for Missile Finalization Based on AHP

Chen Peng^{1,2}, Jiang Putao¹, Lu Chen³

(1. College of Shore Defense, Naval Aviation University, Yantai 264001, China;

2. No. 41 Team, No. 92941 Unit of PLA, Huludao 125001, China;

3. Testing Center, Jiangsu North Huguang Optics-Electronics Co., Ltd., Wuxi 214000, China)

Abstract: In order to improve the management level, the analytic hierarchy process (AHP) is used to evaluate the management quality of missile test warehouse. Based on the analysis of the factors affecting the management quality of missile test warehouse, the key factors affecting the management quality of missile test warehouse are evaluated by establishing a hierarchical structure. The example analysis results show that the method fully improves the accuracy of the evaluation results, and can provide a reference for improving the quality management of missile test warehouse.

Keywords: AHP; missile; finalization; warehouse; management quality; evaluation

0 引言

导弹测试库房管理是为规范测试库房内的导弹及相关配套装备操作流程、作业要求, 指导库房管理人员的日常工作行为, 确保导弹及其配套装备在入库、测试、火工品安装、吊装和出库等各个环节正常运转。

笔者评估的导弹测试库房不是技术阵地标准测试库房, 而是在导弹定型试验期间所用的测试库房, 其特殊性在于临时性, 且兼顾多型导弹, 同时也为部队实操训练提供保障; 因此, 对人员素质能力、库房保障能力有着更高要求。从实际工作来看, 大部分时间导弹测试库房存储条件符合要求, 能按照类别、需求分区域存储, 保管维护工作也比较到位, 库房管理质量总体良好。但也存在一些问题: 一是库房管理制度坚持的不好, 装备出入库登记、外来人员管理等方面不够规范; 二是落实导弹测试操作规程有时不严格, 影响测试进度; 三是部分吊装器具老旧、供电设施不完备、测试空间受限, 难以满

足多型导弹同时测试需求, 无法有效发挥库房保障质效。因此, 如何科学评价导弹测试库房管理质量, 找出影响库房管理质量的关键因素并加以改进提高尤为重要。

层次分析法 (AHP)^[1] 是美国运筹学家 T.L.SAATY 在 20 世纪 70 年代初提出的一种定量与定性相结合的多目标决策分析方法, 具有较强的系统性、逻辑性、简洁性和实用性, 是一种成熟、实用的多准则决策方法, 被广泛用于各种社会经济领域的决策分析和预测^[2-4]。笔者将层次分析法应用到导弹测试库房管理质量评估中, 通过计算权重, 得到测试库房管理质量指标项的优劣程度。

1 层次分析法理论基础

AHP 基本思想为: 把要分析的问题分解为不同的组成要素, 将这些要素按关联影响及支配关系分组形成递阶层次结构, 再将要素进行两两比较, 确定每一层次中各要素的相对重要性, 决策者综合自己的判断, 最终确定决策方案的排序。该方法不仅

收稿日期: 2022-01-29; 修回日期: 2022-02-28

作者简介: 陈鹏 (1986—), 男, 黑龙江人, 硕士, 工程师, 从事海军飞行器攻防对抗研究。E-mail: xiaoxian9528@126.com。

避免了复杂系统分析方法中易出现逻辑混乱的情况，还为决策者在思想和判断相矛盾时，提供了一种提高一致性的方法。此外，AHP 还可以量化因素，在一定程度上减少主观因素影响，使评估结果更加科学合理。

2 导弹测试库房管理评估步骤^[5]

2.1 建立层次结构模型

导弹定型用测试库房管理质量受多方面的影响，不仅涉及到温度、湿度、大气成分等自然环境因素，而且与人员素质能力、管理制度机制、库房保障能力等都有着密不可分的联系。将主要影响导弹测试库房管理的因素分成 3 类 8 小类，评估导弹测试库房管理情况。评估层次结构模型如图 1 所示。

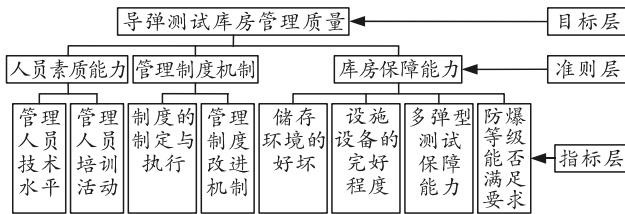


图 1 导弹测试库房管理质量评估层次结构模型

2.1.1 人员素质能力

1) 管理人员技术水平。

人是库房管理过程中的主体，人的能力素质、业务水平、操作熟练程度等各方面都有可能对库房的的管理质量造成影响^[6]。定型导弹种类不断更新变化，对库房管理人员业务水平提出了更高要求，否则将会出现库房设施质量检查或维护保养不到位的情况发生，影响库房管理质效。

2) 管理人员培训活动。

培训活动是提高库房管理人员能力水平的重要手段。开展经常性的培训能促进库房管理人员尽早熟悉各型导弹的技术性能和测试方法，提高人员的技术技能、能力素质、业务水平及操作熟练程度，进而提升库房管理质量。

2.1.2 管理制度机制

1) 制度的制定与执行。

导弹测试库房使用时间一般较长，在这期间不确定因素较多，所以建立科学有效的管理制度能够更好地指导库房的管理活动。要树立库房管理制度的权威性^[7]，减少人为因素的干扰，降低管理过程中的不确定性，促进库房管理活动的有效开展。

2) 管理制度改进机制。

由于本文中测试库房的导弹种类多、保障周期

长，要求测试库房管理制度要随着弹型要求不断完善、改进。随着库房保障要求和人们认识水平的不断提高，在逐步总结管理经验的基础上，持续对测试库房管理制度进行改进完善，才能不断提升管理水平，提高保障质效。

2.1.3 库房保障能力

1) 储存环境的好坏。

储存环境的好坏对导弹及其配套装备的质量有着较大影响，其中温度、湿度、大气成分等因素都将影响导弹及其配套装备在储存和测试过程中能否保证完好的质量和导弹的可用度^[8]，需要采取适当措施保障储存环境在规定的范围内。

2) 设施设备的完好程度。

导弹在测试库房存储期间的质量同样受到库房设施设备的影响。好的设施设备能够避免导弹及其配套装备受到不良因素的干扰，提高库房管理质效。比如导弹在装卸、吊装、质量检查或维护保养过程中，库房设施设备的好坏都会对导弹及其配套装备的质量造成影响，库房设施设备发生问题必然会影响导弹及其测试设备的性能发挥。

3) 多弹型测试保障能力。

导弹测试库房需要兼顾多种导弹的测试需求，提供完备的测试条件，具备同时开展多型导弹测试任务的保障能力，保证定型试验和部队实操训练任务的顺利开展。

4) 防爆等级是否满足要求。

由于某些导弹在测试库房进行火工品^[9]安装时要求库房具备相应的防爆等级^[10]，以确保火工品发生意外时不对库房外的设施造成损害，最大限度地降低人员和财产损失。

2.2 计算层次中各元素的权重

2.2.1 构造判断矩阵

采用 1~9 标度法对图 1 中同一层次的各元素关于某一准则进行两两比较，分别构造判断矩阵 A 、 B_1 、 B_2 、 B_3 ，具体判断矩阵如下：

导弹测试库房质量管理的判断矩阵 A ：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix};$$

导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_1 ：

$$\begin{bmatrix} b_{11}^1 & b_{12}^1 \\ b_{21}^1 & b_{22}^1 \end{bmatrix};$$

导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_2 ：

$$\begin{bmatrix} b_{11}^2 & b_{12}^2 \\ b_{21}^2 & b_{22}^2 \end{bmatrix};$$

导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_3 ：

$$\begin{bmatrix} b_{11}^3 & b_{12}^3 & b_{13}^3 & b_{14}^3 \\ b_{21}^3 & b_{22}^3 & b_{23}^3 & b_{24}^3 \\ b_{31}^3 & b_{32}^3 & b_{33}^3 & b_{34}^3 \\ b_{41}^3 & b_{42}^3 & b_{43}^3 & b_{44}^3 \end{bmatrix}。$$

2.2.2 计算各判断矩阵的最大特征值和特征向量

最大特征值和特征向量的计算步骤如下：

1) 计算矩阵 B 每一行元素的乘积：

$$b_i = \prod_{j=1}^n b_{ij} (i=1, 2, \dots, n)。 \quad (1)$$

2) 计算 B_i 的 n 次方根 b_i ，有

$$B_i = \sqrt[n]{b_i} (i=1, 2, \dots, n)。 \quad (2)$$

3) 对向量 B_i 作归一化处理，即

$$W_i = B_i / \sum_{j=1}^n B_j (i=1, 2, \dots, n)。 \quad (3)$$

则 W_i 为所求的特征向量，这也是各元素的相对权重。

4) 计算判断矩阵最大特征根：

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(FW)_i}{nW_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(FW)_i}{W_i}。 \quad (4)$$

式中 $(FW)_i$ 为向量 FW 的第 i 个向量。

2.2.3 一致性检验

判断矩阵的最大特征值对应的特征向量(权重)计算后，需计算一致性检验结果，具体步骤为：

1) 计算一致性指标 C.I(consistency index)：

$$C.I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)。 \quad (5)$$

式中 λ 为矩阵阶数。

2) 由表 1 中查出相应的平均随机一致性指标 R.I(random index)。

表 1 平均随机一致性指标 R.I

矩阵阶数	R.I	矩阵阶数	R.I
1	0	6	1.26
2	0	7	1.36
3	0.52	8	1.41
4	0.89	9	1.46
5	1.12	10	1.54

3) 计算一致性比例 C.R(consistency ratio)：

$$C.R = C.I / (R.I)。$$

当 $C.R < 0.1$ 时认为判断矩阵的一致性是可以接受的；当 $C.R \geq 0.1$ 时，则需对判断矩阵进行重新

调整。

3 实例分析

现对某导弹测试库房管理质量进行评估，根据图 1 的导弹测试库房管理质量评估层次结构，利用专家打分法，构造各判断矩阵，逐级计算相对权重，并对其进行一致性检验。

1) 构造各判断矩阵，具体数据见表 2—5。

表 2 导弹测试库房质量管理的判断矩阵 A

质量管理	人员素质能力	管理制度机制	库房保障能力
人员素质能力	1	3	1/3
管理制度机制	1/3	1	1/5
库房保障能力	3	5	1

表 3 导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_1

人员素质	管理人员技术水平	管理人员培训活动
管理人员技术水平	1	3
管理人员培训活动	1/3	1

表 4 导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_2

管理制度	制度的制定与执行	管理制度改进机制
制度的制定与执行	1	5
管理制度改进机制	1/5	1

表 5 导弹测试库房质量管理的判断矩阵 B_3

库房保障能力	储存环境的好坏	设施设备的完好程度	多弹型测试保障能力	防爆等级是否满足要求
储存环境的好坏	1	1/3	1/2	5
设施设备的完好程度	3	1	2	3
多弹型测试保障能力	2	1/2	1	3
防爆等级是否满足要求	1/5	1/3	1/3	1

2) 计算各判断矩阵的最大特征值和特征向量，进而求出各元素的相对权重和最大特征根 λ_{\max} 。

在本例中，计算得 $\lambda_{\max}=3.038 5$ 。各元素相对权重计算数据见表 6。

表 6 相对权重数据

序号	影响因素	权重
1	管理人员技术水平	0.193 7
2	管理人员培训活动	0.064 6
3	制度的制定与执行	0.087 3
4	管理制度改进机制	0.017 5
5	储存环境的好坏	0.134 1
6	设施设备的完好程度	0.272 1
7	多弹型测试保障能力	0.177 9
8	防爆等级是否满足要求	0.052 8

3) 进行一致性检验，在本例中通过计算得到最大的 $C.R=0.037 < 0.1$ ，均满足一致性条件。

由上述数据可以看出：库房设施设备完好程度、多弹型测试保障能力、管理人员技术水平和储存环

境是影响导弹测试库房管理质量的关键因素。在后续管理中应重点抓好上述关键环节，切实提高导弹测试库房管理质量，为后续导弹定型和部队实操训练提供有效保障。

4 结束语

笔者运用层次分析法对导弹测试库房管理质量进行分析，克服了传统导弹测试库房管理质量分析过程中片面依靠主观经验的问题，提高了分析的准确性与科学性，为开展导弹测试库房质量管理工作提供了可行性依据。

参考文献：

[1] 许树柏. 层次分析法原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 2003: 25-63.
 [2] 解江, 刘如钢, 闫威. 机载导弹武器系统效能评估方法研究[J]. 导弹与航天运载技术, 2004, 5(4): 9-13.

 (上接第 24 页)

3.6 智能弹药实例

为使弹药具有智能化水平，借鉴精确制导、火箭推进等专业先进技术，在弹药上加装制导元器件，使其具备一定的飞行控制能力，大幅提高舰炮弹药的精准性、通用性、可靠性。通过战场态势平台实时获取目标信息，增加弹药自身的信息目标接收与处理能力，弹载计算机分析处理形成打击方案，自主打击目标，以适应智能化作战要求。

美军的远程反舰导弹(long range anti ship missile, LRASM)是 DARPA 正在研发装备的新一代反舰巡航导弹，射程达到 900 km。其可在线规划航迹，飞行过程中可自主感知新威胁，重新规划航迹，到达末端前自主远距离探测目标，进行高价值目标识别和锁定，到达末端用成像导引头识别目标薄弱部位进行打击。实现了自主感知威胁、实时在线航迹规划、目标识别、目标价值判断、多弹协同作战等智能作战要求。

4 结论

未来海上作战将是体系作战为基础、以智能为主导的现代海战。笔者针对舰炮武器智能化作战的时代背景，根据舰炮智能化发展现状提出了未来作战需求，为舰炮智能化指明了方向；构建了舰炮武器智能化作战技术体系；设想了未来智能舰炮装备，结合关键技术对现有舰炮、弹药智能化实例进行了阐述。舰炮武器装备在作战体系中具有重要作

[3] 周立尧, 刘小方, 王亚光. 导弹部队作战单元保障能力评估[J]. 兵工自动化, 2020, 39(9): 54-58.
 [4] 丁平. 基于 AHP 的装备保障虚拟训练效果评估方法[J]. 兵工自动化, 2021, 40(3): 59-62.
 [5] 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015: 111-116.
 [6] 刘旭, 桂云秋, 朱臣. 基于可拓学理论的航材库存管理质量评估[J]. 海军航空工程学院学报, 2017, 32(3): 319-324.
 [7] 王婷. 新时期地空导弹装备管理工作分析及对策[J]. 现代防御技术, 2016, 44(2): 197-202.
 [8] 吴新宏, 马溢清, 燕永敦. 战术导弹装备使用可用度评估分析[J]. 兵工学报, 2015, 36(S2): 11-14.
 [9] 杨志群. 导弹火工品通用防爆测试仪的设计与应用[J]. 兵工自动化, 2014, 33(6): 80-82.
 [10] 杨志群. 防爆等级 Ex d IIB 和 Ex d IIC 电机防爆结构件通用化设计[J]. 电气防爆, 2018(1): 4-7.

用，实现舰炮武器智能化，提高舰艇战斗力，助推未来海战的体系化作战能力，提升未来海军的综合作战水平。

参考文献：

[1] 王莉. 人工智能在军事领域的渗透与应用思考[J]. 科技导报, 2017, 35(15): 15-19.
 [2] 程运江, 张程, 赵日, 等. 人工智能的发展及其在未来战争中的影响与应用思考[J]. 航空兵器, 2019, 26(1): 58-62.
 [3] 朱琪芳, 赵恩, 李智, 等. 基于军事智能化发展趋势的思考[J]. 国防科技工业, 2019(11): 45-46.
 [4] 赵日, 赵鹏飞, 程运江, 等. 人工智能技术在反舰作战中的应用研究[J]. 战术导弹技术, 2019(5): 86-91.
 [5] 鲜勇, 李扬. 人工智能技术对未来空战武器的变革与展望[J]. 航空兵器, 2019, 26(5): 26-31.
 [6] 王剑颖, 梁海朝, 王锦程, 等. 高超声速飞行器动力学系统在线智能辨识方法[J]. 战术导弹技术, 2019(5): 18-22.
 [7] 张海, 陈小龙, 张财生, 等. 人工智能时代智能化海战模式[J]. 科技导报, 2019, 37(12): 86-91.
 [8] 王天尧, 吴素彬. 人工智能在军事情报工作中的应用现状、特点及启示[J/OL]. 飞航导弹, 2019: 1-7[2019-12-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1770.TJ.20190924.1605.002.html>.
 [9] 朱丰, 胡晓峰. 基于深度学习的战场态势评估综述与研究展望[J]. 军事运筹与系统工程, 2016, 30(3): 22-27.
 [10] 李翔. 基于人工智能的舰炮装备发展构想[J]. 舰船科学技术, 2019, 41(17): 137-141.