

doi: 10.7690/bgzd.2021.05.003

# 常规武器作战试验数据再利用有关问题研究

迟明祎<sup>1,2</sup>, 侯兴明<sup>1</sup>, 周瑜<sup>3</sup>, 孙瑜<sup>1</sup>

(1. 航天工程大学航天保障系, 北京 102206; 2. 中国人民解放军 63850 部队, 吉林 白城 137001;  
3. 中国人民解放军 32183 部队, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:** 为解决我军常规武器的作战试验数据资源二次利用和价值发挥难等问题, 提出一种数据再利用的模式和方法。通过分析陆军常规武器作战试验数据特点和分类, 探讨数据再利用的模式及方法, 提出加快数据再利用发展的对策和建议。该研究能为进一步加强试验数据的再利用, 以及推进武器装备数据工程建设提供参考。

**关键词:** 常规武器作战试验; 试验数据再利用; 武器装备数据工程; 数据服务

**中图分类号:** E92 **文献标志码:** A

## Research on Related Issues of Reuse of Conventional Weapon Test Data

Chi Mingyi<sup>1,2</sup>, Hou Xingming<sup>1</sup>, Zhou Yu<sup>3</sup>, Sun Yu<sup>1</sup>

(1. Department of Space Support, Space Engineering University, Beijing 102206, China;  
2. No. 63850 Unit of PLA, Baicheng 137001, China; 3. No. 32183 Unit of PLA, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of difficulty in reuse of the combat test data resources of our army conventional weapons and difficulty in exerting its value, a data reuse model and method are proposed. Through the analysis of the characteristics and classification of army conventional weapon combat test data, the mode and method of data reuse are discussed, and countermeasures and suggestions for accelerating the development and construction of data reuse are proposed. The research can provide a reference for further strengthening the reuse of test data and advancing the construction of weapon equipment data engineering.

**Keywords:** conventional weapons combat test; combat test data reuse; weapon equipment data project; data service

## 0 引言

陆军开展常规武器作战试验的理论和技術日趋成熟, 先后圆满完成了多种地域、天时天候条件下多个科目的作战试验, 成效显著, 数据存量呈指数递增。常规武器作战历史试验数据, 对于指导后续试验的设计和开展、装备的改进升级及后续实际应用、作战和演习演训筹划等活动, 具有重要辅助作用。目前, 常规武器作战试验数据采取“自产、自建、自管”的数据管理模式, 在完成首次评估任务后, 即入库封存, 不再二次利用<sup>[1]</sup>; 因此, 开展数据的再利用研究就显得尤为必要和紧迫。

目前, 国内外对于作战试验数据再利用的研究较少。宫昕等<sup>[2]</sup>提出作战试验数据应用的有关概念、基本模式和体系框架, 其中试验数据的利用主要包括试验数据业务应用、演习演练应用和战时应用。陈志刚等<sup>[3]</sup>指出军事辅助决策数据资源的概念, 以及数据仓库、联机分析技术和数据挖掘技术。闫宏生等<sup>[4]</sup>指出数据应用系统是开展数据工程建设的一个重要部分, 以数据为核心和基础, 通常以数据库

和数据仓库为基础构建面向综合应用和特定的业务领域。

以美、德为代表的西方国家开展装备作战试验工作较早, 理论较成熟, 建立了试验数据共享和访问的平台和体制, 数据的运用达到了一定深度。美军 JLTS 联合作战模拟系统<sup>[5]</sup>, 凭借对海量数据样本的超强解算, 可用于模拟作战过程中的装备效能、战术指挥和资源消耗。德军研制的弹道模拟训练设备<sup>[6]</sup>, 借助先进的传感器技术、数据融合和建模技术, 模拟战斗过程中地面、空中目标的飞行和命中情况。

通过对比和总结, 我军常规武器作战试验数据再利用研究和发展的特点如下:

1) 以探索、概述性的研究居多, 数据再利用的措施方案、方法体系和对策较少, 理论成果转化率低;

2) 借助具体方法来解决个别军事问题的论文较多, 系统、普适性的作战试验数据再利用的方法较少;

收稿日期: 2021-01-24; 修回日期: 2021-02-20

基金项目: 军内科研项目(1700050401)

作者简介: 迟明祎(1990—), 男, 内蒙古人, 工程师, 从事军事装备保障研究。E-mail: 604819125@qq.com。

3) 发表在期刊杂志上的论文较多,且相关性较低,系统用以指导实践的专著教材较少。

据统计,多个试验训练机构产生的试验数据在首次利用后的5年内,被二次调用的比例仅占13%,即大部分数据在完成装备定型后便封存在各自的海量存储系统中,不再二次利用,忽视了试验数据的巨大潜在价值。笔者根据常规武器作战试验数据的特点,通过对数据再利用的模式、方法等有关问题的研究,提出加强常规武器作战试验数据的再利用和推进武器装备数据工程建设发展的建议。

## 1 常规武器作战试验数据的特点

分析常规武器作战试验数据的特点,是深入认识和剖析数据的基础,是加强试验数据利用的前提。

### 1.1 数据格式、类型和标准的多样性

随着各种探测、测量测试和记录等存储技术和设备的发展,作战试验数据的类型和格式逐渐增多,数据类型包括位置数据、姿态数据、温湿度数据、气象数据、天时天候数据、满意度、靶标数据、对抗数据、总线数据、电磁环境数据和弹道坐标数据等。数据格式包括图形数据、音频数据、视频数据、文本数据、频谱或信号数据等。按照结构可划分为结构化、半结构化和非结构化数据。

由于作战试验数据采集标准化尚未全面推广,不同的试验鉴定机构和数据采集单位采集数据的类型和格式差别较大,甚至同一单位不同批次的数据采集设备采集的数据类型或格式也不相同。陆军某部自2014年至今先后研制了2套某型武器终端状态参数采集系统,用于采集作战中车载武器内部人员和装备的实时状态参数。初期技术的局限性使得两批次设备采集视频数据的编码协议不同,需额外开发专用的视频解码程序解决兼容,增加了数据融合的难度。

格式多样、品类繁多,是作战试验数据工程实践的首要难题,原因在于:数据的采集规范制定机构、生成单位和使用单位对数据后续利用问题的认识不一致。各单位仅考虑所属单位当前任务需求,缺乏统筹把握,造成不同单位之间可能出现功能相近设备的重复论证和购置;在设备的设计研制阶段,部分单位仅考虑自身条件制定自己所需的数据存储格式、编码等,开发专用的数据提取处理软件,造成不同部门之间,甚至是同部门之间的不同设备,同型但不同批次产生的试验数据之间不兼容,为数

据的融合带来困难。

### 1.2 试验数据的安全保密性

常规武器作战试验数据能真实反映我军武器装备的设计实力、战斗力、装备特点和研制周期等重要信息,决定了其具有高度的安全保密性。不同性质和类别的人员对于数据的录入、访问和使用权限将有所区分,包括:数据生成机构和数据存放管理人员的资质审核、内部人员访问和使用权限的划分、外部人员访问数据的权限设定等。

保密数据信息的严格管理是数据利用的前提,决定了常规武器作战试验数据不能借助普通的信息存储系统进行存储和共享,需使用具有安全等级和资质并与各类局域网、互联网完全物理隔离的数据存储系统。

### 1.3 试验数据的信息低密度性

存量庞大、分布广泛和主要信息的低密度性,是作战试验数据的一个显著特点。随着作战试验多手段多维度数据采集、数据实时传输和记录存储能力的提升,形成了指数增长的海量作战试验数据。

在某装备作战试验机动投送科目中,对远程机动过程中车辆内的声音、口令和枪械动作声音进行采集,事后提取口令问答、动作内容及其发生时刻,作为后续评估通信、指挥链路时效性和指挥手段的基础数据。起初技术受限,需花费巨大的人力、物力,采用若干话务员人工识别和手工记录的方法对音视频等非结构化数据进行信息提取,效率低下且错误率较高。随着语音识别技术的运用,提高了效率,但依旧改变不了有用信息在数据总量中占比较低的状况,通常8h时长的口令数据分布在几十GB的音视频文件中。

作战试验数据的价值相对稳定且有效期长,是其另一个显著特点。武器装备作战试验数据对装备全寿命全周期均有效,十年以上的试验数据仍具有利用价值,不可轻易删除,而海量、长时间跨度和低密度的数据归档和保存对试验数据中心的建设提出了较高要求。

## 2 常规武器作战试验数据再利用模式

数据在运用中发挥价值,试验数据的应用是试验数据的归宿和价值体现<sup>[2]</sup>。常规武器作战试验数据除作为评估鉴定任务的基础输入进行计算外,后续的深层次价值体现在反馈前伸到武器装备发展建设全寿命周期的每个环节的影响和促进作用,对武

器装备改进升级的再论证、再设计过程具有指导作用。

### 2.1 试验文书自然语义的解析

作战试验文书是试验数据最基础的层次和最直接的应用模式。狭义的试验数据是指在试验任务中，借助各种探测、测量设备，自动或人工采集存储的与试验过程紧密相关的参数，通常由数据项目、数值和量纲构成。广义的试验数据在狭义试验数据的基础上，还包括试验总体方案、大纲、报告及试验保障方案等文书文本。作战试验指挥员在面对某新型装备时，针对该型武器的某一具体性能指标，可调取在该指标与其相似装备的试验文书，通过对自然语义的解析和文本信息检索，发掘文本中的有用信息，在参考以往数据的基础上，探索新型装备最优化的试验方案，缩短方案制定的时间。此外，在制定作战试验保障方案时，通过对以往试验保障方案的检索和解析，针对不同规模的作战行动调整相应的人员配比、油料弹药供给、物资器材及车辆、给养等，既保障作战行动的顺利进行，又节约人力物力，实现作战试验的精确保障。

### 2.2 异常试验数据的利用

借助探测设备、测量设备采集的作战活动过程的数据，称为作战试验底层数据，除按照一定字节定义直接存储为文本数据的数据外，多为非结构化的声音、图像、胶片等数据，而作战效能评估模型的输入值通常是包含位置、姿态、时间、毁伤效果等统一量纲的结构化数据。实现前者向后者转换的过程，称为数据处理或信息提取。有些数据经过一次提取可得到所需的数据，有的数据则需多次处理，原始数据每经过一次处理会丢失一部分信息。

对待数据中偏离数值分布区域较大的数值，数据处理人员通常将其作为异常值剔除。当异常值呈一定规律出现时，借助大量规律性异常值数据进行分析 and 反推，对于检测武器装备故障、测试设备故障具有重要意义。典型的应用如某作战试验科目中，通过大量频谱数据的分析发现异常值的发生规律，推测出机动过程中参试部队电台和 TD-LTE 数据实时传输通讯发生干扰，快速定位并解除了故障，保障了试验的顺利进行。

### 2.3 试验数据的训练应用

常规武器作战试验数据是通过构建逼真的战场环境、实装对抗条件、采取全天候全要素边界试验

模式获取的试验过程数据，具有其他任何类型的试验数据都不具备的任务特性、实战特性，所以能够更加逼真地模拟和反映实战条件下的作战行动<sup>[1]</sup>。作战试验数据的演习演训层面应用主要指利用已有的试验数据生成贴近实战的科学合理的模拟数据，借助模拟数据进行训练，主要包括：1) 根据演习演训的需要，在遵循真实试验数据内在机理的前提下，生成所需的模拟数据；2) 基于试验数据制定导调方式，设置装备态势，模拟各类装备的保障情况，牵引演习演训过程<sup>[2]</sup>。

当前美军基本形成了除产品实物外，还包括数据产品和能力的交付机制，换言之，武器装备的研制和生产不局限一定数量的弹丸和软硬件实物，更深层体现在按照产品作战能力的要求，提供围绕装备实物产品配套的技术支撑、保障工程、数据化实战训练及伴随保障力量<sup>[7-10]</sup>。装备接收方除掌握装备使用外，还要通过附属数据产品或快速训练服务以增加人员的战斗体验，在各种可能的战场条件下，发挥武器的最大作战效能。

受美军数据服务和能力交付形式的启发，国内某单位自主研发了基于装备数据库、算法库和模型库的联合作战全流程仿真模拟推演系统。如图 1 所示，该系统由十个平台构成有机整体，平台间信息流通和互操作可实时更新输入、输出数据，实现多方参与的联合作战多要素全过程的模拟评估，为作战综合演练提供参考。

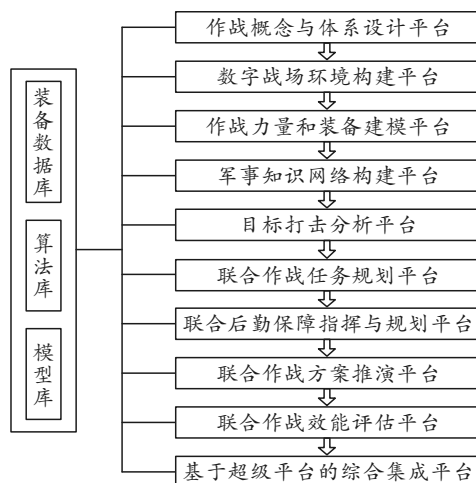


图 1 联合作战全流程仿真模拟推演系统结构框架

### 2.4 作战试验数据的作战应用

作战试验数据的作战应用是数据较高级别的应用，是充分服务作战和提升战斗力的高级体现。作战试验数据因其在特定的对抗条件下，“像作战一

样”获取的数据，具有对抗、实战化和任务等特性<sup>[11-12]</sup>，其作用体现在<sup>[2]</sup>：

1) 在作战筹划阶段为指挥员及其指挥机关完成装备保障分析判断、需求预计、作战计划制定提供数据支撑。

2) 在作战过程中采集装备保障态势信息，在对比作战试验数据的前提下，为指挥员及指挥机关下达命令、评价装备保障效果等活动提供辅助支撑。

### 3 常规武器作战试验数据再利用方法

常规武器作战试验数据具有隐含价值，同时具有高度保密性、低密度性和类型格式多样性等复杂特点，结合试验数据的特点，借助科学高效的数据分析方法在海量作战试验数据源中准确高效地提取有用信息，因地制宜进行方法和模型的改进，成为解决数据再利用问题最关键的环节。

#### 3.1 离群点分析技术的再利用方法

离群点分析技术可用于可靠性检测，是指从大量数据中找出与正常行为不一致的数据，从而预测系统异常部位的一种技术<sup>[13]</sup>。对于一个复杂系统，当测量、输入和系统运行出现错误时，会产生离群点，离群点与数据的一般行为和特征不一样，在数据处理时通常当作异常值剔除，但需预测系统故障时，规律性出现的离群点往往包含系统异常特征的重要信息。典型应用如参试部队通信和数传网络之间干扰故障的定位。通常离群点分析流程如图2所示。

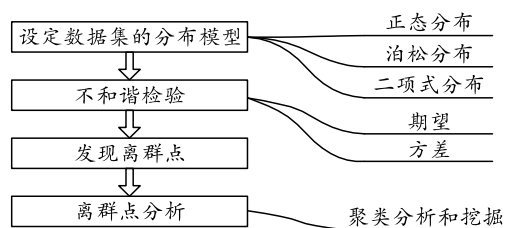


图2 离群点分析方法流程

离群点分析的优势是建立在统计学的基础上，对数据的数量有一定要求，不足则在于：

1) 在时间序列里一般较难发现离群点，离群点隐藏于趋势、季节性等变化中；

2) 多维数据离群点的异常特征可能是多维度组合，非单一维度能够体现；

3) 当预先不知道数据集的分布特征时，依旧需依靠定性观察，对科研人员的经验和知识储备要求过高，规律的发现具有一定偶然性；

4) 离群点分析是数据挖掘方法的一种<sup>[14]</sup>，是

对大量重复数据的聚类分析和挖掘，对于价值密度较低的作战试验数据进行分析得到有用预测信息的概率很低。

#### 3.2 基于传统的数学解析方法

传统的数学解析方法主要有专家评议法、统计分析法和数学解析法等<sup>[15-16]</sup>，优势在于技术较成熟、易于开展、应用广泛。然而，专家评议法过多依赖专家的经验素质和推理能力，主观因素较多；统计分析法需分析大量的数据进行归纳总结，当影响因子较多且相互关系极为复杂时，统计分析法很难实施；数学解析法不能避开复杂系统中复杂机理关系的分析<sup>[17-19]</sup>。

#### 3.3 基于人工智能的数据再利用方法

近年来，随着神经网络、机器学习和人工智能的迅猛发展，神经网络方法已逐渐运用于军事领域，作为一种“黑箱”式模型算法，神经网络方法具有很强的容错和自学能力<sup>[18]</sup>。借助神经网络方法进行预测可以极大地降低人为构建模型带来的主观因素误差，其拟合、预测精度和工作量方面都远远优于数学解析法。

对于在部队演习演训中使用频繁、应用场景较多的一些主战装备，通常积累的作战试验数据较多。当影响因子搭配组合基本分散在样本空间中时，可借助支持向量机、神经网络等理论，建立该型武器某项作战效能指标和影响因子之间的映射模型，借助历史试验数据训练模型使其预测精度达到最优，从而辅助指挥员决策，为作战筹划和后续开展该类型武器作战试验提供依据<sup>[20]</sup>。

#### 3.4 作战试验数据挖掘方法

作战试验数据挖掘是指在海量、有噪声、随机的试验数据中，抽取隐含在其中的潜在数据使用方所感兴趣的信息和知识<sup>[21]</sup>。通过对试验数据进行深层次分析，挖掘复杂的军事系统中不同模块之间的隐含关系，发现隐含在大量试验数据背后的各种故障信息、性能知识和质量信息，试验过程规律，趋势，进而协助装备试验人员、使用人员、设计人员更好地进行决策<sup>[21]</sup>。

1) 分类。

分类是指将试验数据中不同对象按照某一共同特点划分为不同的类，数据项映射到某个给定的类别。尽管按照产品设计不属于一类装备，但是可通过分类数据挖掘将用户感兴趣的某一特性划分为一

类,为数据使用者进行趋势分析和决策提供参考。

#### 2) 回归分析。

回归分析反映的是数据属性值的特性,通过函数表达数据映射的关系来发现属性值之间的依赖关系。通过回归分析预测数据的序列趋势和相关关系,对于武器装备的迭代和发展规律研究具有较好的辅助作用,为武器装备的设计和改进行、试验手段的改进和创新提供借鉴和参考。

#### 3) 关联规则的挖掘。

关联规则是隐藏在数据项之间的相互关系,即可根据一个数据项的出现推导出其他数据项的出现,如  $X \rightarrow Y$  的蕴含式。关联规则的挖掘过程包括 2 个阶段:① 从海量数据中找出高频项目组;② 在这些高频项目组产生关联规则。关联规则挖掘技术已被广泛应用,在常规武器作战试验领域可用于试验手段和模式的预测与发展,以及试验、通讯能力发展趋势的规划。

### 4 常规武器作战试验数据再利用发展建议

通过对我军常规武器作战试验数据再利用发展状况、数据再利用模式和特点的分析,研究加强常规武器作战试验数据再利用发展建设的对策建议。

#### 4.1 加强常规武器作战试验数据综合管理力度

常规武器作战试验因其高度保密性、数量庞大分散等特点,决定了试验数据管理的重要性和困难程度,从数据的产生、存放、汇总、分类、使用和销毁等全生命周期的各个环节,制定严格的数据管理制度。

##### 1) 数据产生机构的资质审核。

只有国家认可的具备相应资质和权限的试验训练机构按科学规范的试验大纲采集的作战试验数据并经过严密的数据审查后,才具备录入作战试验数据中心的资格。

##### 2) 数据存放管理人员的资质审核。

从事作战试验数据中心管理的人员应当是经过专门的军事数据管理培训机构培训并授予资格认证的政治可靠的人员,并具有较强的综合素质,以从事作战试验数据的接收、汇总、分类和管理业务。

##### 3) 内部人员访问和使用数据权限的划分。

对军队内部人员尤其是跨军种、跨系统人员申请数据的使用过程中,应根据需求的不同和人员性质的差异对其访问权限进行分类分级,并制定相关的条件标准,严格细化权限的行使。

##### 4) 外部人员访问权限的申请和审批。

外部人员包括与军事机构有合作关系的地方研究所、外军人员和涉外人员,须按不同的等级访问对应密级空间的作战试验数据产品。

#### 4.2 强化常规武器作战试验数据利用体系建设

按照装备试验数据工程建设的总体方案,将常规武器作战试验数据研究作为数据工程建设的一个重要分支。加强顶层设计,建立试验数据的统一组织领导部门和职能部门,摸清当前陆军常规武器作战试验数据底数和管理现状,梳理建设需求,建立规章制度和标准规范体系。转变以提供原始数据为主的低水平数据应用模式,开展数据建设支撑技术研究,在数据采、存、管,关联挖掘和应用服务等领域开展关键技术需求分析和技术攻关。借助军队编制体制改革的时机,成立专职的试验数据中心,围绕试验数据构建数据高效管理、关联挖掘和数据产品应用及发布平台,对从事数据应用的人员定岗定编,明确职责权限划分,加强人才队伍建设,建章立制,为数据专业机构和人员投身数据工程建设提供制度保障。

#### 4.3 打通常规武器作战试验数据共享访问渠道

充分吸收借鉴美军元数据、利益共同体和网络中心服务<sup>[22-23]</sup>等先进模型和方法在试验数据共享中的运用经验,通过稳定可靠的网络化能力提升数据信息的共享程度,建设基于云架构的安全可靠的存储计算和软硬件平台,升级试验测试测量手段,建立以在线为主、离线为辅的数据管理采集系统。基于现有条件,发展建设机动式试验数据采集系统、机动式数据存储和传输系统,实现多元数据尽量采集,“一方试验、多方受益”的目的。通过搭建多源海量数据接入环境,试验数据传输平台和多维度的数据应用环境<sup>[24]</sup>,为各军种、各单位及其他多方用户提供数据名录发布、元数据目录和数据信息知识的交换共享,实现试验数据的一体化分类共享和访问。

#### 4.4 加强常规武器作战试验数据的标准化建设

形成围绕“计划(设计)、实施(构建)、检验(试验鉴定)和改进(调整参数)”<sup>[25]</sup>全过程始终规范常规武器作战试验数据采集硬件和软件接口协议的规范制度。统筹规划、兼顾全局,从通信保障体系构建、数据传输技术协议、数据采集手段及存储方法 4 方面深入开展研究,对常规武器作战试验数据采

集体系进行设计, 构建一个指挥通信全覆盖、方针和评估全要素、实用性强、智能化程度高、互联互通性高的常规武器作战试验数据采集和应用体系。

## 5 结论

笔者通过梳理和总结我军常规武器作战试验数据利用研究和发展的特点, 分析常规武器作战试验数据的特点和分类, 探讨常规武器作战试验数据再利用的模式及方法, 提出加快常规武器作战试验数据再利用发展建设的对策和建议。通过对数据再利用有关问题的研究, 可为加快试验数据信息优势向决策优势的转变、实现常规武器作战试验数据价值的发挥提供借鉴和参考。

## 参考文献:

- [1] 迟明祎, 侯兴明, 周磊, 等. 对作战试验数据工程建设的思考[J]. 兵工自动化, 2020, 39(4): 30-34.
- [2] 宫昕, 周大庆, 鞠亮. 武器装备数据工程建设理论与实践[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 118-208.
- [3] 陈志刚, 杨露菁, 李启元, 等. 作战辅助决策理论及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 47-79.
- [4] 闫宏生, 杨军. 军事信息系统数据建设对策分析[J]. 军事通信技术, 2006(2): 74-75.
- [5] 常非. 美军主要推演和仿真系统模型体系与建模机制研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2015, 29(2): 75-80.
- [6] 沈寿林. 国外陆军训练装备发展研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 56-57.
- [7] 天水. 美军大数据技术发展现状及其对信息作战的影响[J]. 雷达电子信息战, 2013(6): 2.
- [8] 吴艳梅, 汪雄. 美军武器装备试验与鉴定管理研究[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 98-111.
- [9] ADAMS R, MERKINGHAUS D P. Augmenting Virtual Reality[J]. MILITARY TECHNOLOGY, 2014(12): 16-24.
- [10] PETER B. Embedded Training[J]. Military Training Technology, 2014(7): 23-25.
- [11] 郭兴旺, 韩卫国. 武器装备作战试验与鉴定关键要素分析[J]. 国防科技, 2015, 36(6): 65-68.
- [12] 廖学军, 曹裕华, 廖兴禾. 军事装备试验学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2015: 13-18.
- [13] 刘佩, 常青, 杨倾. 数据挖掘技术在 PHM 平台构建中的应用[J]. 设备管理与维修, 2014(2): 11-13.
- [14] 何国良, 孙岩, 雷震. 面向装备作战试验大数据分析的云架构研究[J]. 信息系统工程, 2016(1): 39-40.
- [15] 程力, 韩国柱, 宋国和. 基于神经网络的自行火炮毁伤距离预测模型[J]. 武器装备自动化, 2007, 26(6): 19-20.
- [16] 刘芳, 王宏伟, 官华, 等. 基于改进 ACO-BP 算法的弹药贮存可靠性评估[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(4): 177-181.
- [17] 杨泽平. 基于神经网络的不平衡数据分类方法研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2015: 11-14.
- [18] 吴渊. 基于 BP 神经网络的车载设备故障诊断与预测研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016: 30-38, 85-86.
- [19] 张可, 周东华, 柴毅. 复合故障诊断技术综述[J]. 控制理论与应用, 2015, 32(9): 1143-1157.
- [20] 迟明祎, 侯兴明, 陈小卫, 等. 基于 BP 神经网络的某反装甲武器系统打击效果预测[J]. 兵器装备工程学报, 2020(8): 52-57.
- [21] 张凤鸣, 惠晓滨. 武器装备数据挖掘技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 1-7.
- [22] 包磊, 黄亮, 罗兵, 等. 作战数据管理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2016: 230-233.
- [23] 齐剑锋, 李三群, 杨素敏. 装备数据工程导论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 158-167.
- [24] 张智杰, 谷宏强, 姜相争, 等. 基于加权 25M 法高原通道防御作战据点装备编配评估[J]. 兵工自动化, 2020, 39(8): 76-80.
- [25] 薄云, 陈小卫, 韦国军. 武器装备作战评估有关问题研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2019, 33(3): 5-9.