

# 舰船信息系统装备质量数据智能采集与分析技术研究

贺 喆<sup>1</sup>, 王大翔<sup>1</sup>, 高 宁<sup>2</sup>

(1. 中国人民解放军 92942 部队, 北京 100161; 2. 北京钛航信息技术有限公司, 北京 100000)

**摘要:** 舰船信息系统装备形态多样、技术状态复杂, 性能数据和质量数据庞大, 需要采用信息化、智能化手段, 实现对海量数据的采集、提取、整合与调用, 供状态监测和性能评估使用; 通过研究信息系统装备相关设计、测试、试验、使用维护数据的获取方式和手段, 开展信息采集、图像处理以及应用架构设计等关键技术研究工作, 解决质量数据的采集接口不统一, 质量数据存储分散, 数据分析和利用不够的诸多问题, 提高工作效率、降低使用维护成本; 在信息采集的基础上, 通过研究面向舰船信息系统装备研制、试验、运行、维护等多环节统一的数据环境, 开展质量数据建模分析、成功数据包络、性能评估及辅助决策等关键技术研究工作, 构建舰船质量数据的高速处理和分析体系, 解决辅助决策过程信息多、依据多、流程复杂的问题, 可辅助快速生成技术决策建议, 缩短决策时间。

**关键词:** 质量数据; 信息采集; 图像识别; 文字识别

## Research of Equipment-Quality-Data Intelligent Acquisition and Analysis Technology in Warship Information System

HE Zhe<sup>1</sup>, WANG Dayi<sup>1</sup>, GAO Ning<sup>2</sup>

(1. The 92942 Unit of Chinese People's Liberation Army, Beijing 100161, China;

2. Beiing Techhand Information Technology Co., Ltd., Beijing 100000, China)

**Abstract:** Warship information system equipment has the features of various forms, complex technical status, and huge performance and quality data. It needs to adopt information and intelligent means to achieve the collection, extraction, integration and call of massive data for state monitoring and performance evaluation. By studying the methods and means of acquiring data related to the design, testing, experiment, use and maintenance of information system equipment, it carries out key technologies such as information acquisition, image processing, and application architecture design, solves many problems such as inconsistent quality data acquisition interfaces, decentralized quality data storage, insufficient data analysis and utilization. In order to improve work efficiency and reduce use and maintenance costs, on the basis of information collection, by studying the unified data environment for the development, test, operation, maintenance and other multiple links of the warship information system equipment, it carries out research on key technologies such as quality data modeling and analysis, successful data envelope, performance evaluation and auxiliary decision-making, and builds a high-speed processing and analysis system for warship quality data, which solves the problems of more information, basis, and complex processes in the auxiliary decision-making process. It can help to quickly generate technical decision-making suggestions and shorten decision-making time, which has practical significance for the collection and analysis on quality data of the warship information system equipment.

**Keywords:** quality data; information acquisition; image recognition; character recognition

## 0 引言

舰船信息系统装备质量数据包括从列装到退役期间装备使用、定检、修理、改装等履历信息以及维修记录等。其信息量大, 几乎全方面涉及装备使用及维修保障工作, 是装备使用与维修决策的重要依据。然而, 目前由于数据收集形式不完备性、不确定性和不一致性, 且缺乏先进数据与信息分析技术的应用, 现有数据的利用尚停留在简单计算辅助分析和人工判断层面, 对于数据的潜在价值挖掘

与利用有限, 对装备使用与维修优化帮助较为原始。但是, 质量数据分析的前提条件是对数据的高效率采集和获取<sup>[1]</sup>。

## 1 智能数据采集系统的信息构成

### 1.1 信息种类

1) 型号基本信息: 主要包含舰船装备的立项研制概况、战术技术指标、技术状态、部署单位、任务方向等信息。

2) 武器全寿命质量信息: 主要包括舰船装备基本信息(配套、编号、生产厂家、出厂日期、有效期等)、履历信

收稿日期: 2022-11-10; 修回日期: 2022-11-28。

作者简介: 贺 喆(1972-), 男, 湖南桃江人, 硕士, 高级工程师, 主要从事舰船装备健康管理技术应用及维修保障科研方向的研究。

引用格式: 贺 喆, 王大翔, 高 宁. 舰船信息系统装备质量数据智能采集与分析技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(2): 178-184.

息、各种测试数据、大型任务信息和战斗发射数据等。

3) 评估决策模型、知识库: 装备经过长期的使用, 积累了大量的经数据分析而提炼出的知识与成果, 这些知识需要进一步获取和利用, 建立模型、知识库, 从而转化为计算机可以识别的内容, 更好地为辅助决策服务。

模型、知识库的内容主要包括: 数据处理模型库、评估指标模型库、数据分析模型、辅助决策模型库等; 装备武器设计文书、使用文书, 大型试验的试验大纲、快速分析报告、技术总结, 操作规程、专业教材、把关要点。还包括数据预测知识、辅助决策知识等。

### 1.2 信息来源

智能数据采集系统的功能是在装备现场或部队级保障机构采集型号信息、装备质量数据、评估决策模型、知识库或收集维修管理信息和环境数据等, 并进行结构化存储。可以获取的数据来源主要包含 BITE 上的历史测试数据、装备履历信息、历年贮存环境数据、维修记录信息、维修经验数据、试验信息(试验、训练等)以及部分装备的研制信息等。装备质量评估与辅助决策所需信息类别多, 数据量大, 尽量采用数据接口和自动采集手段提高信息采集效率, 并手工适当补充部分信息。如图 1 所示。

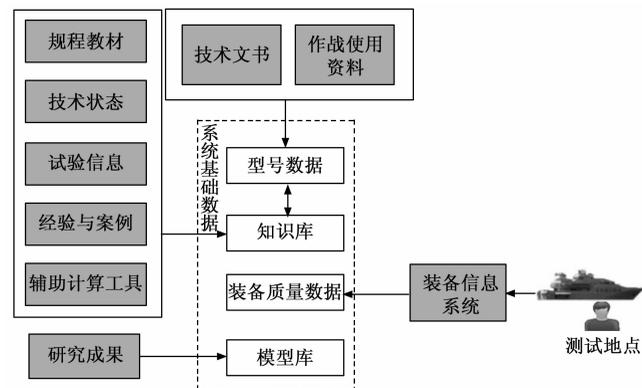


图 1 信息来源图

1) 型号信息获取: 主要是从工业部门的设计文书或部队使用文书等获取各型号装备的研究概况, 战术技术指标, 技术状态, 大型试验记录等信息; 并可根据部队人员、装备编配和部署情况录入测试的人员和装备信息。

2) 装备全寿命质量信息获取: 常态化运行的情况, 可通过从装备信息系统导入或手工录入存储到数据库中。

3) 评估决策模型、知识库获取: 模型库主要来源于对性能质量评估、数据分析、包络分析、辅助决策技术等研究成果。性能质量评估指标及准则知识的获取主要依赖于专家经验, 主要包括型号研制单位提供的评估指标及准则、一线部队在舰船装备长期使用过程中总结出的评估指标及准则、通过大型试验样本分析得出的评估指标及准则。

知识库内容主要是来源于型号装备的设计文书、使用文书以及装备使用过程中长期积累的资料和相关研究成果等。

## 2 装备质量数据的获取与智能采集技术研究

### 2.1 装备测试数据的获取与智能采集方法

测试数据主要存储在装备内部 BITE 或外部的通用和专用检测设备上, 采集系统通过 USB 或网络接口与 BITE 或检测设备相连, 自动搜索数据存放位置, 经人工确认后, 提取数据并结构化存储在移动采集设备上, 供后期导入评估系统数据库中<sup>[2]</sup>, 如图 2 所示。

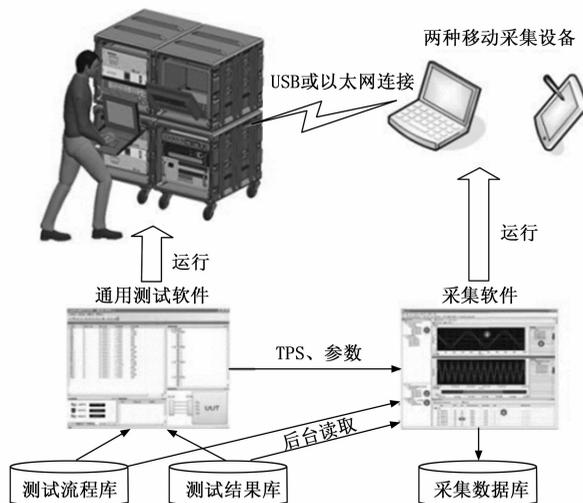


图 2 测试数据采集方式(一)

对于部分专用检测设备信息化水平不高的情况, 可考虑对生成的纸质打印结果或人工登记的结果进行图像采集, 并结构化存储于移动设备, 如图 3 所示。

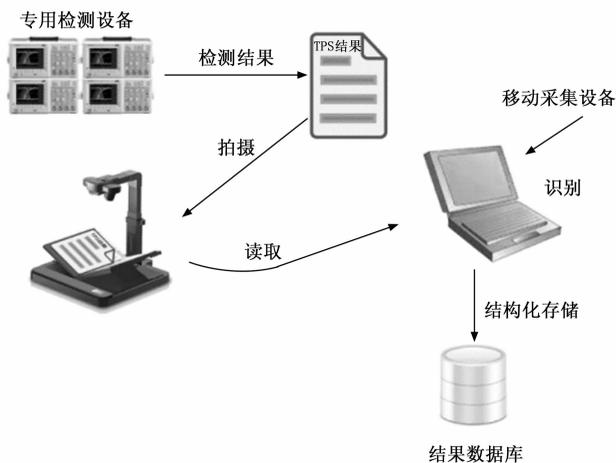


图 3 测试数据采集方式(二)

### 2.2 装备运行环境数据的获取与智能采集方法

环境数据指的是装备所存放的贮存环境或仓库中的温湿度记录、重大环境事件(如恶劣天气、自然灾害发生时间)等信息, 目前多数采取的是人工记录的方式<sup>[3]</sup>。环境数据主要用于批次性评估装备质量情况、以及性能评价时所需要考虑的外界应力条件。环境数据的采集方式可参考

测试数据采集的第二种方式，即图像采集方式，如图 4 所示。通过在 PMA 或其他便携式辅助设备上安装 CCD 摄像装置，采集装备上的仪表信息并通过图像处理（图像识别）或深度学习技术识别仪器数据并进行结构存储。

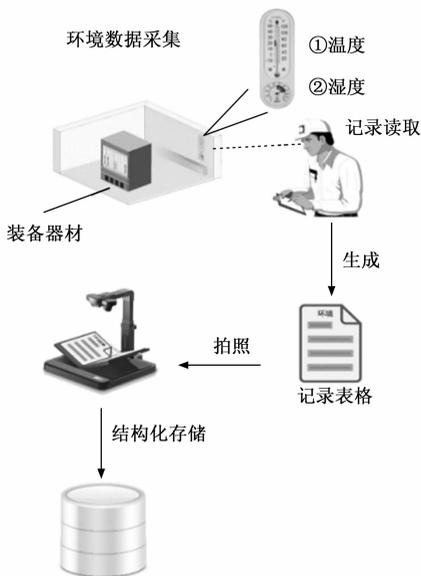


图 4 环境数据采集

### 2.3 装备履历信息和维修记录的获取与智能采集方法

装备履历信息和维修记录主要包括两种形式：电子资料 and 纸质资料，对于纸质资料通过 OCR 技术手段，采集并识别印刷品或手写资料的文字信息并进行结构存储。

采集系统的设计可兼顾多种方式获取数据和信息，采集方式参考测试数据采集的两种方式。编制数据采集软件，实现电子采集方式。以便能方便的向综合保障系统或健康管理软件批量导入数据，从而减少人工输入的工作量，并避免人工输入可能发生的错误。

数据文件可分为以下三种类型：

1) 数据报表：用来提供研制阶段生成并交付的“静态信息”。是事先规划的装备维修及其保障资源的知识 and 信息，用来为装备维修与保障提供指导。静态信息是不可轻易更改的信息，在使用阶段只能由使用方指定的管理机构负责维护和更新，最终用户一般不能修改这些信息。

2) 管理报表：用来记录使用阶段活动的“动态信息”。是供基层部门用来记录或汇总业务管理过程中产生数据的报表，其中部分信息需要向装备研制方或上级管理机构报送。动态信息随着维修和保障活动的展开而不断更新，是用户输入的信息。

3) 文本文件：提供说明性内容的文本类文件。功能与数据报表类似，为维修与保障提供指导。

装备履历信息和维修记录的获取与智能采集方法如图 5 所示。

### 2.4 装备试验信息的获取和智能采集方法

装备试验信息（试验、训练等）主要包含大型试验及试

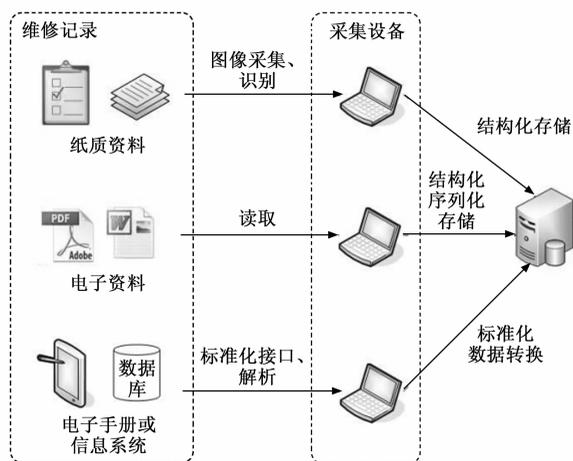


图 5 履历信息和维修记录采集

验、运行工作记录等信息，采集方式参考维修记录采集<sup>[4]</sup>。

## 3 智能采集软件的功能与组成

数据采集软件主要是根据装备质量评估的信息需求，实现信息的前端获取，全方位采集获取评估所需的信息<sup>[5]</sup>。采集系统的主要采集功能模块包括：测试数据采集模块、环境数据采集模块、维修记录采集模块、研制数据采集模块、试验信息采集模块。采集系统的功能组成如图 6 所示。

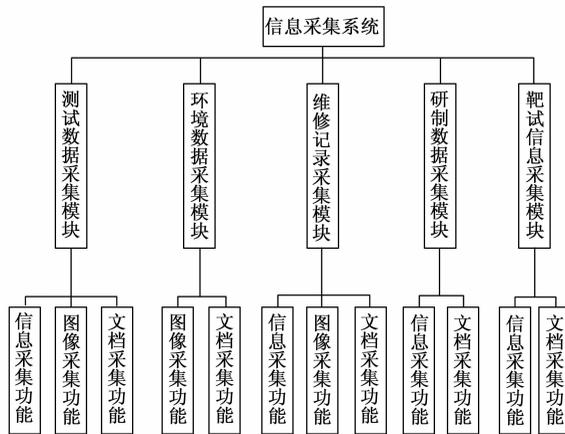


图 6 采集系统组成结构

为了支持每一个采集模块的采集任务，采集系统提供了基础支撑功能，主要包括装备的分解结构管理、装备的编码管理、装备的目录管理、装备结构化和非结构化数据的采集等内容。

### 3.1 编码管理功能

编码管理用于设定装备分解结构的编码和保障技术信息的编码<sup>[6]</sup>。为便于系统对保障海量数据进行整合、整理，建立索引关联关系，同时有利于保障信息的快速录入过程，需对相关技术信息进行编码，有效建立符合装备全寿命周期保障信息的编码体系。

### 3.2 目录管理功能

目录管理用于建立技术信息的管理方式, 通过建立符合各个不同基层保障单位或部门的目录管理结构层次, 方便技术人员快速录入技术内容信息。

### 3.3 文档采集功能

文档采集为数据采集模块的一个核心子系统, 完成图纸、技术文档、相关技术资料的采集、管理、确认流程, 并提供对导入资料编码进行相关检查<sup>[7]</sup>, 主要包括: 数据录入/导入功能、文件管理功能、版本管理功能及检查功能等。

### 3.4 信息采集功能

信息采集为数据采集模块的另一个核心子系统, 完成结构化的保障数据的采集<sup>[8]</sup>, 主要包括: 标准数据的导入功能、FMEA 信息、修复性维修分析信息、RCM 分析信息及维修工作分析信息。

## 4 数据驱动的装备质量状况智能分析技术研究

在质量信息采集的基础上, 研究建立面向舰船信息系统装备研制、试验、运行、维护等多环节统一的数据环境, 构建信息挖掘层, 实现从数据到信息的分析过程<sup>[9]</sup>。结合装备特点和业务需求, 形成数据认知层, 对信息关键度和关联信息进行识别和决策。构建适合海量质量数据处理的支撑平台, 建立质量数据的高速处理和分析体系。在状态信息储存、信息采集、智能数据分析等关键技术的基础上, 设计典型装备的数据采集系统<sup>[10]</sup>。在状态信息储存中, 合理设计存储数据库模块, 实现各类信息数据的有效、非冗余管理, 且方便调用。在信息采集中, 根据需要采集状态信息、故障信息等, 利用转接采集设备, 完成信息采集工作。在智能数据分析中, 能对采集的大量数据进行无效数据剔除、数据分析、获取辅助装备维修保障决策的有用信息。

### 4.1 装备质量数据建模分析研究

质量数据分析应立足部队需要, 研究适合舰船装备特点和部队管理实际的质量数据分析方法, 辅助部队深入分析质量数据, 准确掌握各部件技术性能及变化规律, 为科学评估装备质量性能提供基础。

#### 4.1.1 质量数据分析原则

1) 注重历史数据分析: 对当前质量数据进行分析, 只能给出静态的、单一的结论, 应结合历史数据综合分析参数变化曲线, 科学判定其技术性能的稳定性。

2) 注重突变数据分析: 对一些质量数据参数变化异常的, 我们着重分析其变化曲线及影响因素, 找出部件设备技术性能变化规律, 确定故障率高的装备和元器件, 分辨出技术性能不稳定的主导因素, 为故障归零提供准确依据<sup>[11]</sup>。

3) 注重临界数据分析: 对接近参数合格边界的数据进行重点分析, 结合历史数据分析其变化规律和趋势走向, 从而判断其当前合格性和未来一段时间内的可用性, 为摸清装备质量变化规律和科学管理、使用装备奠定技术基础。

4) 注重系统数据分析: 综合装备配套设备的性能参数和历年故障情况<sup>[12]</sup>, 对重要性能参数进行横向和纵向分析, 为综合判定装备质量性能情况提供准确技术依据。

5) 注重关键数据分析: 对系统复杂、精度要求高的设备重点分析, 对控制系统等复杂设备进行全面分析; 对结构简单的设备只进行超差分析, 对故障重点出现的设备横向比较分析, 为视情维修提供依据。

#### 4.1.2 分析内容及建模

质量数据分析的主要内容包括合格性判定、趋势性分析、突跳参数分析、临界值处理和批量装备数据变化分析。

1) 合格性判定: 合格性是根据测试参数的技术性能要求, 对测试结果是否超差进行判定, 是质量数据分析的基本原则, 可初步判定部件的基本性能状态。

对当前参数进行合格性判定, 即判断当前质量数据是否超差, 对历史参数进行合格性判定, 即判断参数在历史测试过程中存在的超差情况。当参数不合格时需要进一步判定, 如果是环境、设备及人为因素造成的参数突变, 则剔除, 不参加分析与评估, 如果是部件本身器质性变化造成的, 代表参数不合格, 根据情况分析处理。

2) 趋势性分析: 按照要求, 装备测试后在一定期限内(测试保持期)可以直接使用, 但由于存在不稳定性, 有些参数虽然测试合格, 也可能在保持期内失稳超差, 不能满足使用要求, 因此在装备参数分析时, 需对这些参数要进行动态特性分析及趋势性预测<sup>[13]</sup>。

参数动态特性分析及趋势性预测通过历次参数数据时间序列分析, 建立设备逐次测试时间序列模型, 以分析和预估设备特征参数随时间变化的趋势及其动态性能<sup>[14]</sup>, 如图7所示。

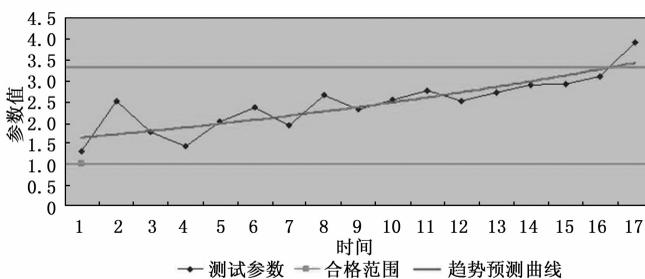


图7 质量数据分析示意图

为了准确预测参数变化趋势, 将随机型时间序列看作由发展趋势曲线和围绕趋势曲线的波动两部分迭加而成, 在对原始数据进行一次平滑、二次平滑的基础上, 以三次平滑为依据, 计算参数变化趋势曲线; 用马尔科夫概率矩阵预测方法去分析围绕趋势曲线上波动数据的变化规律<sup>[15]</sup>, 得到预测值。

3) 参数突跳分析: 一些参数尽管合格, 但出现变化异常现象, 着重分析其变化曲线及影响因素, 根据部件设备技术性能变化规律, 确定参数是否为突变参数, 进而用以确定故障率高的装备和元器件, 分辨出技术性能不稳定的

主导因素,为故障归零提供准确依据,如图 8 所示。



图 8 参数突跳示意图

4) 临界值处理:临界状态是指参数处于合格与不合格的边缘状态,即测试的技术参数虽“合格”,但非常接近超差界限(接近程度不超过要求值的 10%),或测试的技术参数虽“不合格”,但超差不多(超差程度不超过要求值的 10%),则为“临界”状态,可以进一步对其“观察”,以观后效。

5) 稳定性分析:稳定性分析是计算历次参数的方差,该方差值越小说明参数越优。

6) 可能性分析:可能性分析是将历次参数数据的均值减去(或加上)其 3 倍方差,低于该参数最小值(或高于其最大值)的概率越小为优。

#### 4.2 装备成功数据包络分析技术研究

成功数据包络分析方法是针对装备等产品,为辨识和评估具有一定成功样本的试验风险而开展的举措。成功数据包络法性能评估将装备使用建立在已有成功数据的基础上,是利用“测试数据+先验知识”综合评价装备性能的方法<sup>[16]</sup>。其核心思想是利用先验信息,尤其是装备成功样本的历次测试信息,为后续装备任务风险分析提供依据。

成功数据包络法性能评估以历次成功的装备数据作为参照样本,搭建成功数据包络线,包括单个参数多装备成功数据包络线、单个参数随时间变化成功数据包络线、单个部件成功数据包络线、全装备成功数据包络线和关键参数成功数据包络线;以成功数据包络空间向量为衡量标准,分析本次参数与包络空间向量的落点范围与距离,综合评估装备性能<sup>[17]</sup>。

#### 4.3 批次装备质量分析技术研究

批次装备质量分析,结合装备单元测试、综合性能检查,以及装备主要关键部件的定量参数对比分析,给出一批或一组装备的整体性能质量状况,用于平时装备管理和战时装备选择<sup>[18]</sup>。批次装备性能质量分析参考指标包括:

- 1) 装备故障率:装备平时测试或使用前测试出现的典型故障的比例;
- 2) 装备贮存时间和延寿情况;
- 3) 装备使用记录:本批装备抽检、试验、演习、作战的成功率和命中率统计分析。
- 4) 装备稳定性分析。

#### 4.4 装备性能评估准则研究

以指标及准则构建的完整性、目的性、无冗余性、协调匹配、可操作性为基本原则,采用层次分析法、关联分析法、多元统计方法等,确定影响装备性能的关键参数和

关键部件,构建装备性能的指标评价准则;合理分配“性能指标、部件、分系统”各层级的权重因子,为装备的合格性判定、预警、性能质量评估提供性能指标评价支撑<sup>[19]</sup>。

##### 4.4.1 构建装备质量评估要素结构

装备质量评估是基于日常管理 and 测试数据的横向、纵向对比分析,在实际使用中可用于表征装备质量状态的技术数据包括功能测试定性参数(如各类开关量等)、性能测试定量参数(如惯性组合标定参数等)以及装备使用记录等。在建立装备质量评估要素结构时重点应分析性能测试定量参数以及装备使用记录两个方面,根据不同型号装备设计要求和部队使用经验,可重点考虑惯性组合稳定性、综合测试检查等重要参数情况,同时结合装备贮存、运输、通电、故障统计等情况以及其它部件设备测试整体情况,建立装备质量评估要素结构。

装备质量要素结构分析遵循的基本原则是:

1) 各要素的选择以装备使用要求为基础,尽可能体现对上层要素的从属性,且各要素之间尽可能相互独立,避免重复交叉;

2) 运用科学的方法,结合装备构成的特点,以及各部分(系统)之间的联系和工作过程,来确定质量要素名称及涵义、计算途径和方法。完成要素分析还须征求各方意见,进行修改、完善,为大家普遍接受,以进一步保证其科学性;

3) 质量要素应易于理解,同时充分考虑各项质量要素的数据来源,能定量描述的尽量定量描述,不能定量描述但确实很重要的要素,也不回避定性描述,但应严格控制数量;

4) 突出质量薄弱环节,抓住主要因素。影响装备质量的因素很多,面面俱到有时会掩盖主要因素,导致结果不可信,为此应重点突出质量薄弱环节,抓住影响质量的主要因素。

##### 4.4.2 权重系数确定

由于不同参数对部件、系统性能的影响程度不同,所以在进行质量评估时应确定各参数的权重系数。权重系数确定方法主要有主观法和客观法两大类。主观法是根据对各要素的主观重视程度进行赋权的一类方法,包括直接给出法、比较矩阵法、重要性排序法、二项系数加权和法、模糊子集法、环比分析法和层次分析法等。客观法是根据一定的规律或规则对各指标进行赋权的一类方法,包括主成份分析法、熵值法和均方差法等,但对于复杂系统,这类方法通常难以找到正确、合理的规律或规则,因而实施较为困难。

进行系统评价时,常采用主观法确定指标的权重系数。确定权重系数时,只要以客观事实为依据进行归纳、综合,即使是主观估价的,其结果也是科学合理的。考虑到装备武器系统的特点和实际,为了实施的简单可行,可采用改进的层次分析(AHP)和 Delphi 法(也称专家征询法)相结合的方法确定各子要素相对于其父要素的权重系数。其基本思想是:以专家征询的方式把复杂的要素分解成各个

组成因素, 将这些因素按支配关系分组形成递阶层次结构。通过两两比较的方式, 按规定标度确定层次中各要素的重要性排序等级。

#### 4.4.3 性能指标量化

装备质量性能评估指标包含不同种类物理量值、统计量、定性指标等, 所以需要将不同要素进行统一量纲处理, 用无量纲化指标定量分析评估。根据装备使用特点和主要部件功能特点, 运用多种专业知识, 深入研究层次结构中各指标与测试数据之间的因果关系, 确定定性指标定量化和定量指标统一量纲的方法和模型。

评估中大量要素虽然可以定量描述, 但由于影响装备性能的各种要素测试项目、量纲名不相同, 数值量级相差也很大, 所以综合前必须将各种定量要素进行统一量纲处理, 才能进一步比较综合。为了实现无量纲化处理, 首先要明确各性能要素要求量值(即期望值), 然后通过正确、合理的无量纲化模型, 获得各要素无量纲化评估值。该无量纲化评估值反映了各项要素的实际量值满足需求的程度。

#### 4.4.4 评估指标综合

如何正确综合影响装备性能的多级多项因素, 建立合理的综合模型, 是质量评估比较关键的一步。为使用尽可能少(一个或几个)的指标来反映装备的质量情况, 在确定了质量要素结构及权重, 并对质量要素进行了量化分析后, 可采用模糊综合评判<sup>[20]</sup>、TOPSIS(优劣解距离法)多目标决策等方法, 将不同层次、不同功能、不同影响程度、不同量纲的诸要素进行综合, 并确定性能等级划分标准。

当装备各项参数测试均合格时, 可采用加权和模型评价装备性能量化值, 其特点为:

- 1) 适用于各子要素相互独立的情况;
- 2) 各子要素可线性补偿;
- 3) 权重系数作用较为明显;
- 4) 合成结果突出了量值较大和权重系数值较大的指标作用。

乘法模型适用于各子要素相互强烈关联的情况, 其权重系数作用不明显, 当有子要素出现零值时, 综合结果为零。当装备功能测试出现不合格时, 可利用该模型计算装备性能评价价值。

综合上述两种情况, 根据装备实际使用情况, 综合运用线性加权和模型和乘法合成模型, 建立了加乘混合模型。

$$m = (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu(x_i) + \alpha \prod_{i=1}^n [\lambda_i \mu(x_i)]$$

$$\alpha = \begin{cases} 0 & (\text{当 } \mu(x_i) \text{ 均大于等于 } 0.6 \text{ 时}) \\ 1 & (\text{当 } \mu(x_i) \text{ 有小于 } 0.6 \text{ 时}) \end{cases}$$

其中:  $\mu(x_i)$  为参数  $x_i$  无量纲化值,  $m$  为综合性能指数。

### 4.5 装备辅助决策支持技术研究

针对装备履历信息、测试数据、寿命信息和评估信息等数据信息, 采用证据理论、模板匹配、案例检索等辅助决策预案生成和遴选方法, 根据装备试验任务性质、作战

场景或者作战保障特点的不同, 给出本次任务的装备配套及遴选方案、装备质量鉴定认证报告、技术处置方预案和故障处置报告, 快速、便捷地为使用人员、装备质量分析人员提供技术决策支持。

#### 4.5.1 辅助决策预案生成技术研究

根据辅助决策预案的不同类型, 预案的生成主要依赖于装备的性能质量等级和维修保障情况<sup>[21]</sup>。具体内容如下:

1) 装备遴选决策预案生成: 在装备等级判定的基础上, 利用装备性能质量评估结果, 以装备性能评估及作战任务具体需求为依据, 对多个装备的作战使用性能进行分析遴选, 提供装备使用的决策建议。遴选预案生成研究包括了预案的构建原则、预案的内容、预案演化推理、预案效能评价等研究。其中, 遴选基本原则包括:

- (1) 稳定性原则: 利用装备历次测试参数的稳定性, 确定装备质量等级;
- (2) 精确度原则: 利用制导工具误差的估算结果, 确定装备质量等级;
- (3) 综合性原则: 利用评估得出的性能综合指数, 确定装备质量等级;
- (4) 用旧存新原则: 根据服役时间、通电时间、运输距离等因素确定装备质量等级。

根据装备质量性能等级, 结合装备的履历信息、故障情况信息、可靠性和寿命信息等装备性能相关信息, 从不同的侧面, 根据平时管理和作战的需要, 制定不同的辅助决策策略, 为层级决策者提供技术依据。

2) 质量预案生成: 根据装备质量评估结果, 借助装备履历信息、历史检测信息、以及测试数据分析信息, 采用模式、模板等方式, 生成装备质量统计分析报告。

#### 4.5.2 可行性决策支持技术研究

根据任务的特点、作战情况等实际应用环境, 如何从辅助决策预案库中找到最优的几组可行性预案, 是实现辅助决策支持的关键。

1) 基于证据理论的决策预案遴选: 由于装备任务类型、目的、作战环境、遴选原则的综合因素影响, 使得遴选决策的预案多样, 决策的推理需要对综合因素影响下的预案进行评价, 从而挑选最优预案进行决策支持<sup>[22]</sup>。基于证据理论的决策预案遴选是通过比对辅助决策规则和决策预案的证据特征是否匹配, 从而找出最优的预案以及各个预案的信任度。

2) 基于模板匹配的决策预案遴选: 基于模板匹配方法的决策预案遴选是根据任务情况生成辅助决策假设模板结构, 通过计算任务情况等与特定辅助决策预案模板结构的匹配度, 来从现有的辅助决策预案模板知识库中找出最优的辅助决策预案。

## 5 结束语

由于信息系统装备形态多样、技术状态复杂、性能数据和数量庞大, 需要采用信息化、智能化手段, 实现

对海量数据的采集、提取、整合与调用,供状态监测和性能评估使用;辅助决策过程决策信息多、决策依据多、流程复杂,需要提供快速的决策手段。采用智能决策支持,与人工干预相结合,快速生成技术决策建议,缩短决策时间;通过数据采集、建模分析等技术实现多元数据的融合展现,供各级保障机构掌握装备质量态势。目前,舰船信息系统装备在质量数据的采集接口不统一,质量数据存储分散,数据分析和利用不够,对质量数据进行有效分析的实用化方法不多,开展舰船信息系统装备质量数据的采集和分析技术研究具有紧迫性和现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 孙晓明. 舰船数据信息采集方法研究 [J]. 科技信息, 2009 (12): 522-523.
- [2] 贺国芳. 可靠性数据的收集与分析 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [3] 王瑞涵, 陈辉, 管聪. 基于机器学习的船舶机舱设备状态监测方法 [J]. 中国舰船研究, 2021, 16 (1): 158-167.
- [4] 赵文晖. 外场试验中可靠性验证数据采集与分析 [C] //中国宇航学会发射工程与地面设备专业委员会学术会议, 2004: 97-101.
- [5] 廖平, 井欢欢, 何振威, 等. 基于 RFID 技术的堆场信息采集系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (4): 791-793, 796.
- [6] 游伟, 田文祥. 装备器材编码管理系统模型的构建 [J]. 微计算机信息, 2009, 25 (24): 182-183, 151.
- [7] 傅钰. 装备机关数字化文档资料管理系统构建 [J]. 中国管理信息化, 2014, 17 (21): 66-68.
- [8] 吴同哈, 陈春良, 张仕新, 等. 基于可拓层次分析法的维修保障装备种类确定研究 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (7): 137-142.
- [9] KEWLEY D J. 一种数据融合系统评估模型 [C] //IEEE, 1993: 123-126.
- [10] 郝洵. 装备使用保障信息化研究 [J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2014, 32 (6): 36-40.
- [11] 王健, 古平, 卜昭锋, 等. 装备保障数据需求分析方法与建模 [J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39 (7): 136-140.
- [12] 化雪荟. 基于大数据分析的舰船装备寿命测试系统 [J]. 舰船科学技术, 2021, 43 (12): 220-222.
- [13] 范爱锋, 张宏伟. 基于动态新息模型的雷达装备故障趋势预测 [J]. 计算机测量与控制, 2007, 15 (11): 1566-1568.
- [14] 陈志琼. 舰船显控台的动态特性分析 [J]. 舰船指挥控制系统, 1996 (1): 41-47.
- [15] 姜洋歌, 邹锦涛, 周学平. 基于隐马尔科夫模型的动向目标运动趋势预测 [J]. 舰船电子工程, 2021, 41 (8): 30-33.
- [16] 徐嫣, 孙鹏, 陶晓强, 等. 航天产品成功数据包络分析研究与应用 [J]. 质量与可靠性, 2013 (3): 21-24.
- [17] 邝勇, 黄朝晖. 成功数据包络分析方法在发动机质量控制中的实践 [J]. 质量与可靠性, 2011 (5): 50-53.
- [18] 杜剑平, 田园, 陈廷. 军事装备质量的跟踪控制方法与模型 [J]. 信息工程大学学报, 2005 (4): 92-95.
- [19] 盛沛, 许爱强, 谭勳. 武器装备性能评估及指标测量方法浅论 [J]. 价值工程, 2011, 30 (36): 317.
- [20] 赵纪华, 吴勇, 唐丙文, 等. 基于模糊层次分析法的装备性能评估 [J]. 四川兵工学报, 2010, 31 (11): 53-55.
- [21] 兰志, 马好东, 于功敬. 装备维修信息化及其辅助决策技术研究 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (12): 1670-1672.
- [22] 凌韬, 黄志军, 张立平. 舰船装备保障辅助决策系统的设计与实现 [J]. 舰船电子工程, 2008 (6): 154-155, 176.
- [23] 何彬兵, 汪在华. 基于 ADS-B 的雷达数据采集评估系统设计 [J]. 雷达科学与技术, 2017, 15 (4): 427-432.
- [24] 薛鹏飞, 袁圣付. 用于化学激光器上的智能数据采集系统 [J]. 传感器与为系统, 2016, 32 (1): 75-77.
- [25] 项倩红, 陈烘. 面向分布式环境的分层数据采集技术研究 [J]. 中国计量大学学报, 2016, 35 (6): 74-82.
- [26] 吴小丹, 张程. 一种全域数据采集与交换载荷技术研究 [J]. 空间电子技术, 2018, 1 (1): 97-104.
- [27] 赵炯, 杨天豪, 肖杰, 等. 通用嵌入式远程数据采集器研究与设计 [J]. 自动化仪表, 2019, 40 (1): 53-54.
- [28] 杨莹, 周晓旭, 郭晓澎, 等. 基于 WiFi 的分布式无线数据采集系统 [J]. 电子测量技术, 2016, 39 (11): 122-124.
- [29] 刘春成, 贺洪江. 一体化电源智能采集终端的研究与实现 [J]. 自动化与仪表, 2016 (2): 73-76.
- [30] 王建中, 杨璐. 高速实时系统数据采集与传输 [J]. 计算机科学, 2016, 43 (11A): 604-606.
- [31] 赵辉. 锅炉远程物联网监测数据采集终端设计 [J]. 自动化仪表, 2018, 39 (8): 67-69.
- [32] 王军, 曾献辉. 基于主控同步的 CAN 总线多点实时数据采集技术 [J]. 微型机与应用, 2016, 35 (18): 68-71.
- [33] 俸皓, 罗蕾, 王勇, 等. 无线传感网中基于时变多旅行商和遗传算法的多目标数据采集策略 [J]. 通信学报, 2017, 38 (3): 112-120.
- [34] 邢更力, 王晓栋. 试验场综合数据采集系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (6): 251-255.
- [35] 柳颖, 宗长龙, 周婷. 便携式无线电综合测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (2): 103-109.
- [36] 武征. 基于软件无线电平台的电子侦察系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (9): 141-145.
- [37] 张强, 黄家成, 赵文俊, 等. 某型机载通信对抗设备自动测试系统设计与实现 [J]. 测控技术, 2019, 40 (12): 51-58.
- [38] 肖圣兵. 某型雷达通用自动测试系统的设计 [J]. 电子测量技术, 2016, 39 (4): 96-100.
- [39] 邱芳, 徐阳, 于丹. 深空探测航天器控制系统自主管理软件架构研究 [J]. 测控技术, 2022, 41 (1): 16-20.
- [40] 刘鹏飞, 谢森, 姚玉山, 等. 某型制导武器通用自动测试系统方案设计 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (6): 95-99.