

doi: 10.7690/bgzd.2023.07.001

装备在役考核数据采集管理平台架构

齐分岭^{1,2}, 韦国军³, 侯 炜¹, 杜 伟¹

(1. 航天工程大学研究生院, 北京 101400; 2. 中国人民解放军 66389 部队, 太原 030031;
3. 航天工程大学航天保障系, 北京 102206)

摘要: 针对当前天基信息支援装备在役考核数据采集、管理、分析等能力弱的现实问题, 对在役考核数据采集管理平台建设需求进行分析。通过梳理装备在役考核数据分类与特点, 分析在役考核数据采集管理现状; 结合当前试验数据管理平台建设经验及大数据技术对平台架构进行具体设计, 并对平台关键技术进行分析。结果表明: 该研究有助于提升试验鉴定部门在役考核数据管理应用能力, 将数据优势转化为决策优势, 不断推动装备建设发展。

关键词: 天基信息支援装备; 在役考核; 数据采集管理; 大数据; 平台架构

中图分类号: TJ06 文献标志码: A

Architecture of Data Acquisition and Management Platform for Equipment In-service Assessment

Qi Fenling^{1,2}, Wei Guojun³, Hou Wei¹, Du Wei¹

(1. College of Graduate, Space Engineering University, Beijing 101400, China;

2. No. 66389 Unit of PLA, Taiyuan 030031, China;

3. Department of Space Support, Space Engineering University, Beijing 102206, China)

Abstract: Aiming at the problem of weak ability of data collection, management and analysis in the in-service assessment of space-based information support equipment, the construction requirements of data collection and management platform in the in-service assessment are analyzed. By sorting out the classification and characteristics of equipment in-service assessment data, the current situation of in-service assessment data acquisition and management is analyzed. Combined with the current test data management platform construction experience and big data technology, the platform architecture is designed, and the key technologies of the platform are analyzed. The results show that the research is helpful to improve the in-service assessment data management and application ability of the test and appraisal department, to transform the data advantage into decision-making advantage, and to continuously promote the development of equipment construction.

Keywords: space-based information support equipment; in-service assessment; data collection and management; big data; platform architecture

0 引言

新形势下, 装备在役考核作为军队装备试验鉴定活动的重要一环, 能够充分检验装备列装服役后的作战保障效能, 全面考核装备在役适用性, 及时发现装备在实际使用环境下的问题隐患, 为装备改进升级提供决策依据, 逐渐成为推动装备建设发展螺旋上升的重要环节^[1]。装备在役考核是一项持续性的试验鉴定活动, 而在役考核数据采集是在役考核评估的基础, 需要在装备列装服役期间持续采集。装备在役考核需要结合训练、演练和日常使用维护等任务, 在不同任务背景、不同时间阶段、不同空间维度、多个使用环节组织实施, 在役考核数据分散于多个部门, 数据采集的范围广、种类多, 在役

考核数据的采集量逐年增多, 呈现出大数据基本特征, 如何高效存储、管理、应用这些海量数据是摆在试验鉴定部门人员面前的重要研究课题。当前, 大数据、云技术、人工智能、机器学习等技术发展迅速, 为装备在役考核数据采集管理提供了比较成熟的技术支撑; 因此, 研制一套具备“采、存、管、用”的在役考核数据采集管理平台就成为可能且十分必要^[2]。不同类型装备在役考核数据采集在存储与管理应用上不尽相同, 笔者以天基信息支援装备为例对装备在役考核数据采集管理平台架构进行设计研究。

1 装备在役考核数据概述

天基信息支援装备主要由在轨运行的各型卫星

收稿日期: 2023-03-24; 修回日期: 2023-04-20

基金项目: 全军军事类研究生资助课题(JY2020C251)

作者简介: 齐分岭(1986—), 男, 安徽人, 硕士, 工程师, 从事装备试验、装备保障研究。E-mail: 516254616@qq.com。

以及运行控制系统和应用系统组成，包括天基信息获取系统装备、天基信息传输系统装备和天基时空基准系统装备^[3]，其在役考核数据来源于研制单位、试验部门、使用单位，数据采集任务繁重。

1.1 装备在役考核数据分类

天基信息支援装备在役考核数据既包括装备服役期间的使用、维修、管理、故障数据等登记统计数据，又包括装备型号、类别、使命任务等基本属性数据，也包括性能试验及作战试验数据。天基信息支援装备在役考核数据类型多、范围广、数量大，可以从不同的角度进行分类^[4]。按照在役考核内容分类，可分为适编性数据、适配性数据、服役经济性数据、质量稳定性数据、部队适用性数据和作战效能数据。按照涉及部队日常工作分类，可分为战备值班数据、联合演训数据、日常训练数据和装备管理数据。按照采集时序分类，可分为历史数据和现场考核数据，其中历史数据主要包括装备服役后到本次在役考核前积累的使用管理、维护保养、作战保障数据、装备使命任务、型号、性能、操作使用方面的数据、性能试验与作战试验相关数据报告等；现场考核数据包括本次在役考核过程中采集的动用使用数据、执行任务数据、故障数据、操作人员状态数据等，具体分类情况如图 1 所示。在役考核数据分类多种多样，还可按照数据结构化程度(结构化、半结构化数、非结构化据)或者数据来源(文本、图像、音频、视频)等分类。

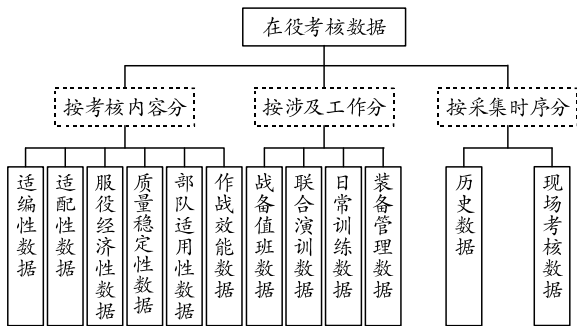


图 1 天基信息支援装备在役考核数据分类

1.2 装备在役考核数据特点

天基信息支援装备使命任务和工作环境特殊，对其进行在役考核数据采集的方法与规律也不同于传统常规武器装备，“天地一体、平战一体、全天候周期运动”的特点决定了该类装备在服役过程中产生的在役考核数据也有自己的特点。

1.2.1 数据量巨大

天基信息支援装备“天地一体运行、全天候运

行”是其区别于一般装备的主要特点，装备在役数据积累速度快，卫星在轨运行监测的健康状态数据、性能数据、维护使用数据等几乎呈几何级数增长。天基信息支援装备在役考核理论上包括对天上卫星和地面配套装备的考核，既包括卫星平台运行轨道姿态数据，又包括用户任务数据。天基信息支援装备在役考核主要考核卫星适编性、适配性及其系统在役适用性，涵盖的考核指标多、涉及工作广、考核时间长，包括各类装备出厂列装数据、历史记录数据，以往考核试验数据、日常训练管理数据、告警故障数据、维修保养数据、支援部队作战数据等，这些数据总量巨大。

1.2.2 分布范围广

天基信息支援装备在役考核数据分布于装备动用使用全过程，从列装初期到寿命末期均有需要采集的在役数据，相对较为杂乱，广泛分布于各部门试验计划文件中(研制总要求、试验大纲、方案、性能试验数据、作战试验数据)，分布于列装单位日常装备值勤登记统计资料中，分布于在轨卫星数据管理分系统中及地面测控运控站后台服务器中，包括各类试验鉴定数据、训练演练数据、维护使用数据，以及装备全系统数据、分系统、单装数据，各类操作环境下的数据等^[5]。在役考核与部队工作紧密相关，涉及装备动用、维修管理、日常训练、联合演训，在这些工作任务中所产生的数据均应该作为在役考核数据来源。

1.2.3 周期规律性明显

天基信息支援装备型号种类众多，各型卫星在轨运行数据通过数传通道实时或非实时地传送到地面接收站，由于卫星运行具有典型的周期性，反映卫星装备运行状态的数据也具有明显的周期性，同时由于在役考核工作需要结合部队工作任务进行，部队工作任务的周期性也会使采集的在役考核数据呈现周期性。另外，运行于同一星座内的同类型卫星在管理使用、执行任务、数据传输等方面具有相同的周期规律性，在梳理汇总在役考核数据时应注重考虑卫星运行状态的周期性特点，按时间周期采集数据、分析数据，提高数据采集效率与质量。

1.3 装备在役考核数据采集管理现状

天基信息支援装备在役考核数据采集就是围绕在役考核目的，依据在役考核大纲所设计的具体科目，采集用于装备考核评估的各类数据，但当前天

基信息支援装备在役考核数据采集工作还存在一些问题，如数据采集标准不统一，数据保存不集中，许多历史数据分属装备全寿命周期的不同阶段，分别保存于研制单位、使用单位、试验鉴定部门等不同单位，数据工程与数据库建设跟不上，缺乏统一管理的平台，采集制度机制不健全^[6]，未建立系统的数据共享机制及装备在役考核数据体系，数据采集效率与质量不高，缺乏强有力的数据分析与挖掘工具，未能充分挖掘数据背后的潜在价值。

综上所述，天基信息支援装备在役考核数据已经满足大数据的基本特征，鉴于目前在采集管理中存在的问题与在役考核任务需要，开展在役考核数据采集管理平台设计能够提高数据采集管理效率，可以满足用户多样化的数据分析服务需求，推动装备更新换代、改进升级。

2 在役考核数据采集管理平台需求分析

随着试验鉴定模式的改革重塑，在役考核逐渐成为我军试验鉴定中的重要一环，能够有效弥补性能试验与作战试验对装备考核鉴定的不足。在役考核过程中数据采集的种类多、涉及的部门多、数据的格式多、积累的数量大。现有的试验数据管理系统或平台越来越难以满足在役考核数据采集管理需求。

2.1 数据存储需求

天基信息支援装备在役考核数据属性多种多样，既有数据库里的标准化数据，也有文档、图片等非标准化数据，平台应能智能化存储结构化数据、半结构化数据以及非结构化数据。支持海量多源异构数据的存储，提供多种数据存储模式，为数据提供统一的存放管理机制和数据控制功能，能够具有音视频信息获取、图像识别、文字转化能力，具备来自不同部门的用户在役数据远程导入功能，实现数据来源可追溯，支持在线及离线数据采集录入。

2.2 分析挖掘需求

平台应支持数据预处理、数据标准化、批量化处理，具备大数据分析处理能力，基于历史数据及在役考核现场数据进行数据挖掘，科学进行在役考核评估。具备常用的大数据分析挖掘工具，拥有关联分析(Apriori、FP-growth 算法)、分类分析(决策树、朴素贝叶斯、支持向量机等算法)、回归分析(线性回归、非线性回归)等能力，建立适用不同在役考

核目的评估预测模型(层次分析法、模糊综合评判法、灰色评估、神经网络评估等)。

2.3 管理应用需求

平台应能够高效管理逐年累积的天基信息支援装备在役考核数据，科学进行编码管理，根据在役考核数据来源、数据类型和数据格式的不同采用不同的数据管理方法，满足不同权限用户的查询使用需求，做好数据库更新、备份、升级及安全维护。提供来自不同领域、不同层次、不同部门的全方位多维度数据管理，拥有支持装备适编性、适配性、服役经济性、质量稳定性考核评估的子模块，提供支持研制论证部门、装备管理部门、部队使用单位决策的意见建议智能评价模块。

3 在役考核数据采集管理平台架构设计

天基信息支援装备在役考核数据采集管理平台主要依据大数据系统构建一般流程^[7]，借鉴当前陆军、海军装备试验数据管理中心建设经验，结合天基信息支援装备在役考核数据积累特点，集成在线采集、人工采集、远程传输等多种数据采集录入方式，应用分布式文件系统 HDFS、分布式数据仓库 Hive、云存储等技术实现海量在役考核数据的安全高效存储^[8]，支持在役考核数据科学化智能化管理，运用决策树、支持向量机、神经网络等算法对数据进行分析挖掘，实现在役考核任务快速评估，并为装备研制开发、改进升级、退役报废提供智能辅助决策，实现数据的“采集、储存、管理、应用”一体化服务，平台系统由航天试验部门负责管理维护。笔者按照数据采集应用流程，结合平台功能需求，设计了包含“基础层、数据层、管理层、应用层”4层架构，如图2所示。

3.1 基础层

基础层主要为平台提供底层的软硬件资源及标准规范，用于为平台功能实现提供基础支撑。其中硬件设施包括网络设备、传输设备、磁盘阵列、高性能服务器等设备，软件包括办公软件、操作系统、服务器管理等，标准规范包括国军标、行业标准、试验机构标准、航天领域相关标准、数据结构协议、总线服务协议等内容^[9]。

3.2 数据层

数据层主要用于实现数据采集与存储两大功能。其中数据采集层面包括数据采集、数据预处理

及数据录入，数据采集是指平台可以兼容多种数据采集形式(基于设备的在线采集、基于制度的离线填报、数据采集表采集)，支持结构化、半结构化及非结构化数据的录入，能够对采集录入的数据进行清洗、集成、变换、规约等预处理工作^[10]。数据存储层面则充分展示了平台强大的数据存储功能，采用分布式计算框架，应用分布式文件存储系统 HDFS 及分布式数据库系统 Hbase，综合关系型数据库和 NoSQL 数据库优缺点，对数据进行分类存储，在数据采集与预处理的基础上进行数据抽取、转换和加载(简称数据 ETL)。依据数据性质、属性、来源分别存储为元数据库、目录数据库、装备基础信息数据库、历史数据库、性能试验数据库、作战试验数据库、平台系统数据库、载荷系统数据库、遥测数据库、遥控数据库和历次考核数据库。

击，配置平台基础设施及数据库各类参数，确保各类用户可以正常使用平台资源；用户需求处理是指对不同用户的需求进行研究处理，制定个性化的服务方案。

3.4 应用层

应用层主要提供各种服务应用，实现对数据的查询、共享、分析、挖掘、评估，向用户推送数据服务产品，实现智能化辅助决策^[11-12]。算法与模型库具备各类仿真、评估算法及模型，可供试验鉴定部门实现在役考核数据高效分析、快速评估；数据资源服务提供数据的检索、分发、共享等服务；数据分析与挖掘服务实现在役考核数据的描述性、探索性、验证性分析，具备结果可视化能力，运用支持向量机、神经网络、深度学习等方法实现在役考核评估预测，完成装备适编性、适配性、经济性等在役适用性内容的高效评估。应用层还具备卫星故障预测、寿命预测等卫星健康管理服务功能，依据试验评估结果，借助仿真试验，智能推送天基信息支援装备后续采购、改进升级、退役离轨的意见建议，辅助领导机关科学决策。

4 平台关键技术分析

4.1 数据采集技术

当前阶段，在役考核数据采集工作主要由数据采集人员完成，数据采集总量大、类型多，平台应在保证数据安全的前提下研发在线传输、自动采集、远程填报等数据采集技术，强化多源异构数据处理能力，集成数字化采集模块，借助数字化传感、成像等自动化采集技术智能采集数据，运用系统日志采集工具 Flume 采集地面运控系统日志文件中的在役数据，运用大数据技术实现数据快速抽取、转换、加载。

4.2 数据存储技术

数据存储技术按照存储模式和软件特点可以分为文件系统存储技术、数据库技术、数据仓库技术^[13]。在役考核数据包含大量结构化、半结构化及非结构化数据，应综合应用多种数据库存储技术存放，结构化数据以关系型数据库存储为主，可采用 Hive 数据仓库进行存储，半结构化及非结构化数据则采用文件系统存储模式，常用的是 Hadoop 的 HDFS 分布式文件系统。



图 2 在役考核数据采集管理平台架构设计

3.3 管理层

管理层主要完成数据及平台的维护管理，包括数据库维护、容灾备份、平台安全及参数配置、用户需求受理等功能。其中数据维护包括数据的更新、添加、删除，元数据的管理、数据密级分级、数据质量管理、数据库运维、组织、管理、升级；容灾备份是指对数据库数据进行备份，以防丢失；平台安全及参数设置是指对不同用户进行安全等级管理，升级安全保密措施，防止病毒感染及黑客攻