 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i1.4497

The application path of data-driven military oil support technology in the field

Xiuquan Yu[1] Jianzhong Hou[2] Qinfu Li[1] Guoqing Zhi[1*]

1. Chinese Academy of Electronics Sciences, Beijing, 100041, China
2. Army Staff Department of the PLA, Beijing, 100041, China

Abstract

This research pay attention to the challenges faced by military fuel supply under field dispersed conditions.Based on a review of relevant literature on intelligent fuel supply and combined with typical practical application cases,this study analyzes the practical application of intelligent technologies driven by data.It summarizes and proposes a data-driven"collect-transmit-integrate-utilize"intelligent technology system for field dispersed military fuel supply.The study explores cutting-edge intelligent technologies and practical application models for fuel supply.It elaborates on the application of artificial intelligence algorithms in fuel consumption prediction,optimization of supply resource allocation,and planning of supply routes.This enables multi-modal execution of logistical support tasks under field dispersed conditions and provides theoretical and practical references for promoting the intelligent transformation of military fuel supply.

Keywords

field dynamic and dispersed conditions; military fuel supply; data-driven; intelligent technology

数据驱动赋能野外动散军事油料保障智能化技术的应用路径

于修全[1] 侯建中[2] 李钦富[1] 智国庆[1*]

1. 中国电子科学研究院，中国 · 北京 100041
2. 中国人民解放军陆军参谋部，中国 · 北京 100041

摘　要

本文聚焦野外动散条件下军事油料保障面临的挑战，本研究基于智能化油料保障相关文献调研，结合典型实践应用案例，分析研究数据驱动下智能化技术的实践运用，总结提出数据驱动的“采-传-汇-用”野外动散军事油料保障智能化技术体系，探索油料保障智能化前沿技术和实战应用模式。阐述人工智能相关算法在油料消耗预测、保障资源优化配置和保障路径规划等环节的应用，实现野外动散条件下后勤保障任务多模态执行，为推动军事油料保障智能化转型提供理论与实践参考。

关键词

野外动散条件；军事油料保障；数据驱动；智能化技术

1 引言

野外作战呈现出动态分散的显著特性。随着作战任务的多样化与作战区域的广泛拓展，部队频繁机动、分散部署，作战单元不再集中于固定地点。这种动散态势使得军事油料保障面临前所未有的挑战[1]。在现代战争中，野外动散条件已成为常态，具有作战区域广、机动性强、任务变化快等特点，油料作为军队和现代战争的“血液”，其保障的及时性、精准性直接影响作战效能。

传统的油料保障模式主要依赖经验决策，在野外动散条件下存在信息传递滞后、资源调配不灵活、决策缺乏精准数据支撑等问题，难以适应复杂多变的野外环境和动态需求，数据驱动的军事油料保障智能化技术为解决这些问题提供了有效途径，对于提升军事油料保障效能、增强部队战斗力具有重要意义[2]。

2 国内外研究现状

国外军事智能化保障领域起步较早，已将大数据、人工智能等技术广泛应用于油料保障，实现了部分环节的自动化与智能化决策、践行了一定程度的智能化保障应用[3-5]；在伊拉克战争中，美军利用卫星通信、传感器网络等，实时掌控前线油料消耗，依托大数据分析精准预测需求，从后方油库到前线补给点构建起高效配送链路，运输车辆配备智能

【作者简介】于修全（1978–），男，中国黑龙江青冈人，本科，高级工程师，从事云计算、大数据、人工智能等研究。

【通讯作者】智国庆（1996–），男，中国北京人，硕士，助理工程师，从事军事大数据应用，战法训法理论探索，地理大数据挖掘研究。

导航与监控，依路况、威胁实时优化路线，保障作战连续性。同时，美国在油料装备研发上大力投入，新型运油车智能化程度高，可自动监测油料状态、车辆工况，故障预警并远程诊断，极大提升保障效能。

国内研究近年来也在积极探索，部分战区开展野战油料保障智能化试点，引入物联网、智能传感技术，野战加油站能自动识别车辆、精准计量加油，单兵油料携行具集成智能监测，显示油料余量与消耗速率 [6]。但是，我国在数据挖掘深度、智能决策算法优化、跨军种协同保障智能化等方面适应野外动散条件的复杂环境方面，如多军种联合作战时，油料保障信息共享、任务分配的智能化协同机制尚待完善，强化应用实践。

3 野外动散条件下军事油料保障面临的挑战

野外动散条件下军事油料保障主要面临如下挑战：

3.1 需求预测困难

野外动散条件下作战任务类型多样、作战区域不固定、作战节奏变化大，油料保障需求难以准确预测成为难题。传统预测方法难以涵盖众多影响因素，导致保障资源配置不合理。

3.2 保障资源调度复杂

野外动散条件下保障力量分散，地形复杂、气候条件恶劣，影响油料运输和存储设备的正常运行，增加了保障难度和风险。如何在有限时间内，将油料保障资源有效调配至需求点，是油料保障的主要任务。

3.3 信息获取与共享不畅

野外动散条件下作战区域分散且保障环节众多、通信条件受限，造成油料保障相关信息采集、传输受阻，信息的及时性和准确性难以保证，影响保障决策的科学性与及时性。

4 实践应用案例分析

4.1 案例一：某部实战化演练中的军油保障

4.1.1 演练背景与军油保障需求

演练背景：跨区域实战化演练，作战地域涵盖山地、丛林与荒漠多种复杂地形，参演部队包含步兵、装甲兵、炮兵等多兵种，呈大纵深、分散式部署；演练模拟高强度对抗作战，部队频繁机动、快速转移阵地，作战节奏快、任务转换迅速。

保障需求：传统集中式油料补给难以精准覆盖，需快速响应各点位需求，确保油料及时送达。如，装甲集群突击作战阶段，油料消耗激增，若补给不及时，将直接影响突击效果；山地行军时，路况差、通行困难，油料运输车辆需灵活规划路线，确保按时抵达补给点；荒漠地区环境恶劣，对油料储存、运输设备稳定性要求极高，且信息传递易受阻，油库与作战部队间需建立可靠通信链路，实时共享油料信息，保障指挥决策精准性。

4.1.2 智能化保障系统构建与应用

构建一套涵盖感知、传输、处理与应用的智能化军油保障系统。

感知方面。在油库储油罐、输油管道、运油车辆、野战加油站等关键部位部署高精度传感器。

传输方面。依托 4G/5G 通信网络，结合卫星通信作为备份链路，构建全域覆盖的数据传输通道。各传感器采集数据经加密处理，通过 4G/5G 网络实时传输至后方保障指挥中心，遇林地、山区等信号弱区自动切换卫星通信，确保数据不中断。

处理与应用方面。基于大数据存储与分析平台，整合各类油料数据，构建油料消耗预测模型、运输调度优化模型。利用人工智能算法，对海量历史数据与实时数据深度挖掘，预测各作战阶段、各区域油料需求；结合地理信息系统与实时路况，为运油车辆规划最优配送路线，实现智能配送。

4.1.3 保障效果评估

保障效率方面。传统模式从部队提出油料需求至补给到位，平均耗时 4 - 6 小时，智能化保障将响应时间缩短至 1-2 小时，紧急需求下甚至可在半小时内送达，提升了补给及时性，确保作战连贯性。

保障精准度方面。传统人工计量、估算油料需求与配送量，误差率达 15% - 20%，智能化系统将误差控制在 5% 以内。

资源调配方面。库存周转率提升 30%，减少积压，降低运输成本。

作战效能方面。装备出动率提高 20%，作战任务完成率提升 15%，彰显数据驱动智能化保障对提升部队战斗力的关键作用。

4.2 案例二：俄乌战争中的军油保障实践

4.2.1 作战任务特点及对军油保障挑战

作战背景：俄乌冲突呈现出战线长、作战区域分散、战斗形式多样等显著特点 [7]。作战地域横跨城市街巷、广袤乡村、森林湿地与丘陵山地，双方部队在多处热点区域展开激烈争夺，战线绵延上千公里。城市作战中，建筑林立、道路狭窄，部队机动受限，作战单元分散于街区角落，油料补给点难以快速精准定位；野外作战时，地形复杂，春季的泥泞道路、冬季的积雪冰封，极大阻碍油料运输车辆通行，且隐蔽伪装困难，易遭敌方火力打击。

保障需求：作战节奏快，双方频繁发动攻势、实施战术机动，装备高强度使用，油料消耗急剧攀升。如，装甲集群突击、机械化步兵快速推进，主战坦克百公里油耗高达数百升，步兵战车、自行火炮等装备油耗亦不容小觑，油料需求呈现爆发式增长，且需求点位随部队推进不断动态变化，给油料保障的及时性、精准性带来严峻挑战。

4.2.2 数据驱动野外动散条件下保障措施

乌军借助北约情报支持与自身战场监测系统，广泛收

集作战区域内油料相关数据。利用卫星遥感、无人机侦察，实时获取油库、加油站分布及受损情况，结合部队作战任务规划、装备部署与机动路线，依托大数据分析模型，精准预测各区域、各时段油料需求。如在顿巴斯地区作战，通过分析近一周内双方交战强度、装备出动频次、地形对油耗影响等数据，提前预判关键作战节点油料缺口，优先调配运输力量保障重点区域。

俄军则强化自身战场态势感知系统建设，在装备、运输车辆、油库等环节部署大量传感器，构建物联网数据采集网络。实时监控装备油料消耗速率、运油车行驶位置与油料运输量、油库库存动态，将数据实时传输至后方指挥中心。指挥中心依据数据分析结果，运用智能决策算法优化油料配送方案，依路况、敌情动态规划运输路线，遇空袭威胁时迅速调整路径，确保油料安全、准时送达前线部队，实现从被动响应到主动配送的转变，提升保障效率与作战持续性。

5 军事油料保障智能化技术体系

结合典型实践应用案例，以及野外动散条件下军事油料保障面临的挑战，可将军事油料保障智能化技术体系按照数据采集、数据传输、数据汇治与数据应用（采 - 传 - 汇 - 用）4 个层面，辅以组织流程、标准规范，以及运维管理、安全保密 4 大保障体系的“四横四纵”架构进行建设。如图 1 所示。

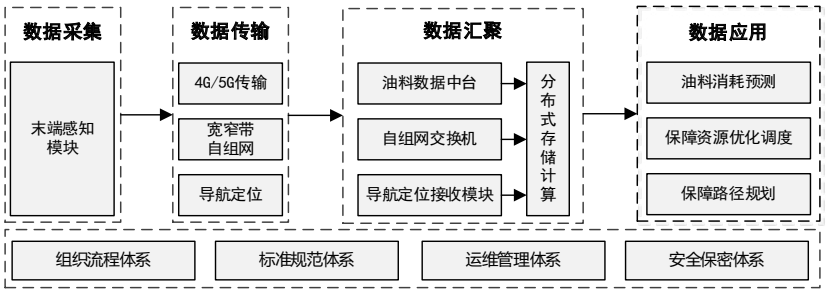


图 1 实现路径图

本文重点围绕采集层（数据采集）、传输层（数据传输）和汇治层（数据汇聚）、应用层（油料消耗预测、保障资源调度和保障路径规划）等部分内容进行分析。

4.1 数据采集

采集层是获取这些关键信息的前沿阵地。利用传感器网络，在油料存储设施、运输车辆、加油装备以及作战装备上部署各类传感器，实时采集油料液位、流量、温度、压力，车辆位置、行驶状态，装备运行参数等多源数据。同时，结合地理信息系统（GIS）、气象数据等外部数据，为保障决策提供全面信息支持。

5.1.1 基于多源异构末端传感器与物联网的数据采集融合集成技术

针对用油车辆、用油保障车辆、油料保障设施的数据采集，面临末端类型多、数量大，技术体制复杂，采集汇聚数据量大且信号多样复杂，油料监测方式有液柱式、机械式、数字式等，导致采集技术体制难统一、数据实时采集难的问题，采用末端传感器设备接口适配和数据采集融合集成技术，实现了大规模油量数据的高并发接入和多源异构数据整合处理，为多型号装备数据接入与处理提供了灵活的技术解决方案。

5.1.2 基于图像识别的传感器油料采集及分析预警技术

在数据采集过程中，利用图像识别技术对运加油车的加油数据和加油站油罐加油数据进行采集、分析和处理，实现对加油数据的精准识别，及时发现异常加油情况并发出预警，保障油料采集环节的安全与规范。主要包括图像采集、图像预处理、数据识别、数据融合、预警等功能。

5.2 数据传输

网络层作为物联网架构的“信息高速路”，将采集层采集到的海量油料数据稳定、高效传输至应用层。构建融合卫星通信、无线自组网通信等多种方式的混合通信网络，确保在野外复杂环境下数据的稳定传输。采用数据加密、纠错编码等技术，提高数据传输的安全性与可靠性。采用基于 4G/5G 通信模块的无线传输方案，在山区、丛林等偏远作战区域，利用 4G 网络广覆盖优势，搭建起加油站、运输车辆与后方指挥中心间的通信链路。在动散场景中，加油站的油料数据采集终端将整合后的数据，通过 4G/5G 网络加密通道，以数据包形式按预设频率（如每 5 分钟一次）向指挥中心推送，确保指挥人员能及时了解油料补给动态。

基于北斗卫星通信的油料保障数据的编解码与协议适配技术。针对野外场景下机动车辆油料数据回传问题，采用基于北斗卫星短报文通信的油料保障数据编解码协议适配技术，通过精细化的接口设计与北斗卫星短报文通信高度兼容，成功构建了从油料保障业务信息编码、传输到解码的全链路闭环，确保油料供应、保障信息的实时、快速、准确传输，提高了动散条件下油料保障的响应速度和准确性。

5.3 数据汇聚

运用分布式数据库技术，如 Hadoop 分布式文件系统（HDFS）和 NoSQL 数据库，对海量油料保障数据进行存储与管理。实现数据的高效读写、快速查询以及良好的扩展性，满足大规模数据存储与处理需求。数据存储形式丰富多样，结构化数据如油料收发记录、库存台账等，以关系型数据库表形式精细存储，便于精确查询与统计分析，通过

SQL 语句可迅速获取某时段特定油库的油料出入库详情；半结构化数据如装备运行日志、油料监测报告等，采用文档型数据库存储，既能保留数据的灵活性，又可实现快速检索，助力及时掌握装备油料消耗异常情况；非结构化数据像油库监控视频、地理信息影像等，则利用对象存储服务存储，为后续智能分析提供全面素材。

5.4 数据应用

5.4.1 基于大数据平台和智能算法的油料需求测算与保障规划技术

为了解决在野外环境下战场环境的多变性和不确定性，油料需求预测难以精确掌握，从而可能导致油料供应不足或过剩的问题，创新建立基于历史数据和实时情报的综合预测模型，该模型能够结合作战任务特点、装备性能参数、环境因素等，通过机器学习和数据分析技术，提高预测的准确性；实施动态监控和实时更新机制，确保预测模型能够根据最新的战场情况进行快速调整；加强与前线各单元的沟通与协作，实时收集油料消耗数据，以便更准确地预测和调整油料供应计划。

1）油料消耗预测模型

基于时间序列分析等，结合作战任务类型、装备使用情况、环境条件等多因素，建立油料消耗预测模型。通过不断优化模型参数，提高预测精度，为保障资源配置提供依据。

时间序列分析模型 [8] 主要基于时间的滑动平均模型，结合其他因素作为权重，预测未来一定时间的值，越近的数据权重越大，然后计算加权平均值作为预测值。其公式如下：

$$WMA = \sum_{i=t-n+1}^{t} \omega^i x^i$$

其中 ω^i 是第 i 期数据的权重，且 $\sum_{i=t-n+1}^{t} \omega^i = 1$。例如一段时期的油耗量为 1,2,3,4，如果权重分别为 0.1,0.4,0.2,0.3（0.1+0.4+0.2+0.3=1），则第 5 期的油耗量预测值为 1*0.1+2*0.4+3*0.2+4*0.3=2.7。

滑动平均值能更灵活地反映数据的变化，对近期数据的变化更敏感，但权重的确定具有一定主观性，需要根据数据特点和经验来选择。

2）保障资源优化调度模型

野外动散条件下保障力量分散，运输路线受地形、交通及敌情影响大。如何在有限时间内，将油料等保障资源高效调配至需求点，是保障工作的关键挑战。运用运筹学中的线性规划模型 [9] 可在油料预测及保障资源优化调度方面具有优化作用。线性规划模型采用极值线性函数，其约束形式如下：

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 < b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 < b_2 \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 < b_3 \end{cases}$$

$$x_1,\ x_2 \geqslant 0$$

其中，a 为保障内容权重 b 为保障资源总数，x，y 为每一次需要调度保障资源的数量。根据不同权重下不同保障资源调度总数，求出每次调度极值，确保总体调度最优，使分配效率最大化。

3）保障路径规划模型

利用启发式算法规划最优的油料运输路径。实时根据战场动态变化，对路径进行动态调整，确保保障任务安全、高效完成。最短路径分析是常见的应用，通过算法如 Dijkstra[10] 可以找到复杂网络中的最优路径。

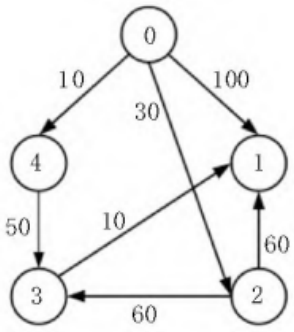


图 2 Dijkstra 路径树举例

第一步，需要遍历所有路径节点和边，并标记所有路径边的举例。

第二步，构建数据矩阵 d[i]，遍历从起始点到终点所有路径并计算距离 d[1]，d[2]……d[n]。

第三步，比较路径的长度值，当一个路径小于之前的路径时，相对较短的路径即为当前最短路径，以此类推，直到循环结束，最终遍历完成得出最短的一条路径 d[min]。

此过程可根据保障资源的紧急程度、重要程度，同时根据路径的阻抗和环境因素设置权重，加权得出路径最优解，最终实现油料运输路径的合理规划。

5.4.2 基于位置与编组保障态势的扁平化指挥控制协调技术

为了解决野外动散条件下油料保障各单元之间信息共享不畅、资源调度不合理以及应急响应迟缓，导致油料保障过程中出现重复劳动、资源浪费和保障不及时等现象，进而影响整体保障效率和部队战斗力的问题，建立统一的数据化智能化指挥机制，可视化态势掌控全域保障资源与用油数据，通过智能算法和大数据分析，优化资源调度、合理分配油料资源，实现各保障单元信息的实时共享和高效流通，确保指挥决策的准确性和及时性，提高指挥控制与资源利用效率。

5.4.3 基于位置与油量信息的动态编组和决策处置智能推荐技术

针对用油装备和保障装备力量群组综合指挥难题，采用基于位置、油量信息、消耗阈值和动态编组原则，构建油料保障力量动态编组模型、单装油料消耗预警算法和基于战场态势变化的动态情况判断与处置模型，面对复杂的敌情、

我情和战场环境，快速生成情况判断结论、定下决心和提出处置建议，并进行动态编组，调整计划任务管理和行动控制，极大提高了战时油料保障的指挥效率。

6 结论

未来，数据驱动的野外动散条件下军油保障智能化实践应用主要在包括以下几个方面：

一是跨学科融合打破传统油料保障单一学科局限，将大数据科学、人工智能、物联网、运筹学等多学科知识有机融合，构建综合性智能化保障体系。利用大数据分析挖掘技术处理海量油料数据，借助人工智能算法实现保障决策智能化，依托物联网实现油料信息实时感知与传输，运用运筹学优化资源配置，全方位提升保障效能。

二是实践应用紧密围绕野外动散作战实际需求，聚焦复杂地形、频繁机动、通信受限等难点痛点，开发针对性强的智能化保障技术与应用系统。如研发适应无网络环境的离线数据采集与智能决策模块，利用便携式设备实现油料快速检测与精准计量，通过卫星通信与自组网技术保障数据传输稳定，切实解决实战化保障难题。

参考文献

[1] 杨俊科,郑靖.军用油料的储运与管理研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(08):99-100.

[2] 王祎琳,孔洪涛,孙跃坤.军用油料精确保障研究[J].军事交通学院学报,2016,18(04):49-51+79.DOI:10.16807/j.cnki.12-1372/e.2016.04.0012.

[3] 知远战略与防务研究所. 美国陆军油料保障计划和行动手册[D].2019.

[4] 李志.俄军加强油料联勤保障体制建设的发展趋势[J].军事技术,2004(4):41.

[5] 王立盟,韩雨.2022年国外军事人工智能领域科技发展研究[J].战术导弹技术,2023,(02):25-33.DOI:10.16358/j.issn.1009-1300.20230500.

[6] 梁立波.军用油料装备信息化建设路径研究[J].中国石油石化.2017(11)

[7] 武警研究院. 从俄乌战场看战术层后勤保障面临的新威胁[EB/OL]. (2025-01-28). https://mp.weixin.qq.com/s/sRSnjtVTPa5D6-HHwvMong.

[8] 陈银光,于守健.基于改进加权移动平均法的服装销售预测[J].智能计算机与应用.2018(06)

[9] 闫华,高黎,刘国勇,王红旗.基于多时间窗的油料保障模型[J].计算机应用.2015(07)

[10] 先梦瑜.一种基于Dijkstra的物流配送路径优化算法设计[J].电子设计工程 .2023(02)