

doi: 10.7690/bgzdh.2024.08.011

基于无人值守的智能化能源管理系统

赵 涛, 王屹华, 吕孟恩, 侯 刚

(西北机电工程研究所压制武器总体部, 陕西 咸阳 712099)

摘要: 针对我国火炮智能科技与无人值守等相关技术的研究现状, 提出火炮无人值守能源管理与建设方案。采用变能装置储能, 实现能源合理利用与分配。利用神经网络、智能学习等技术, 实现基于任务导向模型规则的知识型系统。通过故障的隔离、诊断和重构, 实现能源系统的自主故障管理。结果表明: 该研究能够满足地面武器能源的智能化、无人化、信息化管理要求, 对未来火炮无人值守能源分系统的研究与工程化应用具有较为重要的意义。

关键词: 无人值守; 未来战争; 能源管理; 火力打击系统; 智能化

中图分类号: TJ301 **文献标志码:** A

Intelligent Energy Management System Based on Unattended Operation

Zhao Tao, Wang Yihua, LYU Meng'en, Hou Gang

(Overall Research Department of Neutralization Artillery, Northwest Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Xi'an 712099, China)

Abstract: Aiming at the research status of intelligent technology and unattended technology of artillery in our country, the unattended energy management and construction scheme of artillery is put forward. The variable energy device is used to store energy to realize the rational utilization and distribution of energy. By using neural network and intelligent learning technology, the knowledge system based on task-oriented model rules is realized. Through fault isolation, diagnosis and reconstruction, the autonomous fault management of energy system is realized. The results show that the research can meet the requirements of intelligent, unmanned and information management of ground weapon energy, which is of great significance to the research and engineering application of unmanned energy subsystem of artillery in the future.

Keywords: unattended; future war; energy management; fire strike system; intellectualization

0 引言

火炮武器系统作为陆军重要的火力打击装备, 在未来战争全新的作战模式下, 无人化、智能化武器系统协同作战将成为重要特征^[1-2]。为打赢信息化条件下的未来战争, 实现我国军事智能化, 构建智能化无人值守火力打击装备以及先进侦察指控系统, 将成为未来火炮武器系统智能化的研究重点与重点发展方向之一。

笔者结合世界地面武器装备智能化无人值守火力打击系统研究方向与发展趋势, 提出火炮无人值守能源管理与建设方案, 提升地面武器能源管理的智能化、无人化、信息化发展, 可为未来新型地面武器配电系统的论证分析、方案决策、研制设计等过程提供新的思路与方法, 为现有装备的配电系统的升级改造等项目提供借鉴及参考。

1 国内外研究现状

2003年, 美军公布智能无人化机器作战报告, 提出智能化无人作战系统概念。与此同时, 美陆军的未来作战系统(FCS)提出无人值守作战系统的概

念。美国网火系统, 也称非直瞄发射系统(NLOS-LS), 是美国陆军未来作战系统(FCS)技术演示计划典型的无人值守作战平台^[3], 此系统在无任务指令时, 无人值守能源系统处于静默和睡眠状态, 接收战场互联网激活指令后, 进行能源接入和唤醒, 系统即进入战斗状态。该系统具有的功能有: 1) 对目标进行主动/被动攻击。该系统战斗状态下可接收作战任务指令, 通过战场互联网的接收到目标信息, 对目标实施打击或自主识别高价值目标。2) 识别、监测目标与毁伤评估。该系统通过接收互联网下发的任务需求, 对负责的作战区域进行目标搜索、目标监视、毁伤评估、空中无线电中继等^[2-3]。在此系统中, 能源分配依据作战任务进行分配与调整, 实现能源精确化供给, 最大限度提高能源利用率。

我军提出“信息主导、火力主战”的发展理念^[4], 在地面武器系统的运用中, 研究重点偏向智能化指挥控制^[5], 对态势感知、目标识别、任务规划、认知对抗等指控系统的智能化研究较为丰富, 对地面武器系统的无人值守能源协同管理与建设的

收稿日期: 2024-04-19; 修回日期: 2024-05-25

第一作者: 赵 涛(1982—), 男, 陕西人, 硕士。

研究较少，成果较为欠缺。

2 能源无人化智能供给与分配

能源系统是火力打击系统的“线粒体”，为无人火力打击系统各功能模块的实现提供能量。在无人值守能源供给与分配中，实现能源的分配调度、监测管理、能效分析和系统管理等功能。

能源无人化智能供给与分配时，一般遵循“先储后用”原则，静默模式下，利用变能装置储能，能源唤醒接入时，根据负载特性与需要，进行能源管理与分配，同时进行变能装置储能工作。

结合地面武器的应用，从如下方面对火炮无人值守火力打击系统能源管理与建设进行研究。

2.1 能源数据的学习与分析

能源分配与管理中，首先需明确各任务流程载荷的能量需求，以实现能源自主管理与自主健康管理能力^[6]。在火炮无人值守火力打击系统中，应充分使用历史数据记录、对能源分配的历史数据进行分析，采用神经网络、智能学习等技术，对能源数据记录信息进行数据学习，以实现基于任务导向模型规则的知识型系统，实现动态能源管理与健康管理，保障能源合理利用与分配。

2.2 能源的接入

在火炮无人值守火力打击系统能源接入与唤醒

中，要根据火炮无人值守火力打击系统自身工作载荷的需要，结合任务流程，分析能源需求与储能需求，计算火炮无人值守火力打击系统能量及用电功率计算，绘制火力系统工作时序用电时序峰值功率图谱，确保能源的接入与储备设计能够满足无人值守火力打击系统的用电功率与峰值用电需求。

在能源选择上，考虑武器装备所处的地理位置环境，考虑实际易获取、可应用、技术成熟度较高、实现较为容易的能源作为一次电源系统的能量源。实际应用中，应充分结合供电时长与功率需求，分析无人值守火力打击系统工作周期，明确子系统或者部件处于短期还是中长期工作系统能源唤醒状态下是暂时、短时、还是长时间工作，战时峰值功率需求出现在何时等需求，对一次能源进行分类、分时设计。

在能源适用性规划中，一方面寻求高能量密度、免维护、高可靠性、小型化电池发展的突破。另一方面，火炮无人值守火力打击系统电源类型的选择可参考借鉴航天领域的空间电源与航空领域航空电源的配置思路。借鉴航天器一次电源系统空间发电装置，结合地面武器的特点，通过地面发电装置将太阳能、化学能、核能、风能、热能等转换为电能^[7]。笔者总结了航空航天领域主要应用电源^[8]、发电装置及储能技术，归纳出电源类型、特点及适用场景，如图 1 所示。

能源	类型	特点	适用场景/供电功率
太阳能	砷化镓太阳能电池	需大面积铺设 电池阵列	供电功率可大可小，与 电池阵列的面积有关
	硅太阳能电池		
化学能	蓄电池	银锌蓄电池	短期工作或有限次充放电
		镍镉蓄电池	过放电影响寿命，目前已被镍氢替代
		镍氢蓄电池	质量轻，质量密度较高
		锂离子蓄电池	质量轻，质量密度较高，循环使用寿命低
	燃料电池	高能量比，安全性强，不适用大功率任务	一般与太阳能电池或其他电池结合使用
核能	温差发电机	寿命长，可靠性高，价格昂贵， 有安全性问题	小功率应用，一般用作辅助电源
	同位素温差发电机		大功率应用场合
风能	温差热离子发电机	清洁、环境效益好，体积大，受地域 限制风量不稳定、不可控移动性差	适用于密集型供电，集中供电场所
	核反应堆温差发电机		
热能	风力发电机组	可再生、无污染，热效率低，钻探 成本高受地域限制，移动性差	适用于密集型供电，集中供电场所

图 1 航空航天领域主要应用的电源分析

除此之外，也应结合具体情况，考虑如何合理

实施无人值守火力打击系统实施电源基础设施建

设，以进行能源补充与协助。

2.3 能源的唤醒与智能分配

在无人值守系统中，需结合任务流程对能源进行监测管理、能效分析，根据实时采集现场数据进行电能智能分配与调度。在能源智能分配中，仍需研究在已知任务需求的前提下，不同操作方式与操作流程下的负荷量，最大可能限度优化操作时序以保证载荷，保证负荷的时序。

在实现中，可采用“能源自主管理+能源健康管理”的 2 种系统方案实现。能源自主管理实现负载优先级的管理与电能检测、控制与负载智能置。能源健康管理用于故障检测、诊断、应急处理与预测^[9]。在“能源自主管理+能源健康管理”的 2 种系统方案中，能源自主管理应分级设置，根据作战任务确定功能块，依据功能块确定各负载层级，可考虑按照整机级、系统级、单体级至板级分级管理。

3 电源安全保护与远程管理

尽管在无人值守火力系统的设计与研制过程中采取了各种的措施，但其在运行过程中仍可能发生不可预测、不可避免的故障，尤其在战时状态下，一旦发生电源或通信系统故障，监控信号随时中断，地面远程管理人员很可能处于“盲区”；因此，无人值守电源系统应具有自主故障管理、保护和恢复能力，并引入物理信息融合^[10]，对电源周围的温度、光照、风速等环境信息进行感知，及时推送告警信息、故障信息等设备状态信息，以便进行远程管理与监控。

为使设备具有自主故障管理、保护和恢复等能力，充分分析无人值守的系统故障至关重要。因我国无人值守火力系统尚未具有样机或成熟装备研制，笔者借鉴航天器相关故障分析资料与大口径火炮常见故障信息数据，结合现有火炮常见故障，整理归纳出无人值守火力系统常见故障信息分析如图 2 所示。

作为无人值守火力打击系统，平时状态下，战士对火力的操控处于远程监控；战时状态下，战士着重处理情报性、决策性信息，无暇顾及火力系统的状态，更无法进行维修和协助；因此，无人值守能源系统的故障自诊断和故障自恢复具有重要作用。

无人值守能源系统的故障隔离、故障诊断、故障重构可从整机级、系统级、单体级至板级进行分

级分析实现无人值守能源系统的电能自主故障管理。

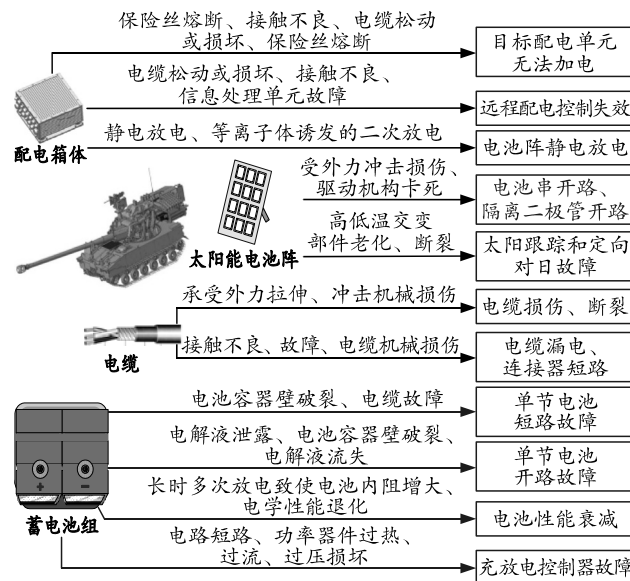


图 2 无人值守平台常见故障信息分析

3.1 故障隔离

在无人值守能源系统中，为杜绝单体的故障影响整个系统的供电，需将负载分级、隔离处理。无人值守火力打击能源故障自恢复如图 3 所示，首先将负载分级，可参考借鉴国军标 GJB909A-2005《关键件和重要件质量控制 1》的分类形式，将负载分为关键重要负载(下文简称“关重负载”)、关键负载、重要负载、一般负载等负载级别^[11]。关重负载互相之间隔离、关键负载互相之间多数隔离、重要负载部分隔离、关重负载与关键负载互相之间隔离，关键负载之间相互隔离，关键负载与重要负载互相之间隔离，重要负载与一般负载互相隔离，一般负载之间可不隔离等隔离形式，尽最大可能保证板级故障不波及单体供电、单体故障不波及系统供电、系统故障不影响整机供电，保证故障不蔓延，实现无人值守系统的电源系统的功能性隔离。

3.2 故障诊断

在无人值守系统中，传感器与故障分析处理器是故障诊断的重要环节。为保证诊断具有足够的的数据量，一方面采用历史数据记录学习让故障分析处理器对故障分类，进行故障学习与诊断；另一方面在由发电至配电全过程的电能产生回路、储能回路、一次配电回路、二次配电回路、电缆回路中合理、恰当地选取取样点，对电压、电流、温度、湿度、绝缘状态、预充/预放电、泄放等状态信息进行状态监测，为故障诊断提供数据支持^[12]。

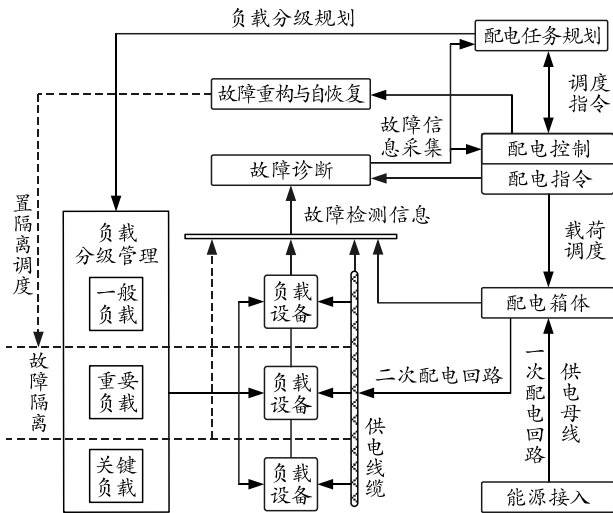


图 3 无人值守平台能源故障自恢复

3.3 故障重构与自恢复

无人值守能源系统的故障重构可采用以任务为导向、硬件电路为基本单元进行重构。首先将作战任务分解为多个任务流、将每条任务流的实现分解至各系统任务，各系统任务细化分解为多个基础功能单元，基础功能单元可由硬件电路具体实现。据此，提炼出各作战任务下，能源系统的最小可重构硬件电路单元，针对分解出的最小可重构硬件电路单元采取功能备份、强保护或其他方式的硬件措施，确保关键任务下，最小可重构硬件电路单元可启动相关功能链重备份单元。同时，也应进行故障学习，提高系统故障更新速率及故障推理能力，以应对应急状态下或战时不可预测状况下故障的自动诊断与应急处理与故障预处理。

3.4 能源补充与协助

在现有技术中，对电源配电功率、发电效率、设备老化等运行维护环节缺乏技术创新，可能会严重影响系统的可靠性、维修性、保障性与安全性需求。应考虑突发状况，提高系统的可靠性与安全性^[13]，对系统电源实施能源补充与协助，以确保连续长时间作战状态下的能源供给；因此，需建设能源补充或协助服务电站，并对服务电站进行监管，以实现能源的持续供应与应急需求。

4 结论

能源是系统运行的源泉，未来火炮无人值守火力打击系统能源管理和建设与智能科技的发展密切相关。无人值守能源管理和建设作为地面武器装备各分系统运行必不可少的一环，未来亟待以智能科技为依托，扫清我军智能化无人值守火力打击系统能源管理与建设技术难点，加速创新成果向装备能力转化。

参考文献：

- [1] 李向阳. 2012 年世界武器装备与军事技术发展动向分析[J]. 军事史林, 2013, 32(4): 48-52.
- [2] 赵鸿燕. 美国面向未来战争的导弹协同作战概念发展研究[J]. 航空兵器, 2019, 26(4): 1-9.
- [3] 张志勇, 邹伟伟, 邓科, 等. 无人值守作战平台技术研究[J]. 战术导弹技术, 2016, 9(3): 42-46.
- [4] 曹淑信. 论信息火力战[J]. 国防大学学报, 2005, 12(4): 32-36.
- [5] 李奎. 地面武器平台指挥控制系统设计及实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- [6] 何熊文, 李楠, 徐勇, 等. 智能化航天器综合电子系统需求分析及体系架构探讨[J]. 航天器工程, 2018, 27(4): 88-95.
- [7] 李国欣. 航天器电源技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2018.
- [8] 朱辉. 航天器故障诊断, 预测与健康管理的探讨[J]. 质量与可靠性, 2013(2): 15-19.
- [9] 景博, 杨洲, 池小泉, 等. 系统健康管理及其在航空航天领域的应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [10] 张琳波, 李本瑜, 石恒初, 等. 基于信息融合的继电保护智能管控系统研究[J]. 供用电, 2020, 37(3): 6.
- [11] 国防科技工业质量与可靠性研究中心. 关键件和重要件质量控制: GJB909A-2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [12] MEINGUET F, KESTELYN X, SEMAIL E, et al. Fault Detection, Isolation and Control Reconfiguration of Three-Phase PMSM Drives[C]. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. IEEE, 2011.
- [13] 毛振宇, 甘虹. 配电网智能化技术实践与探索[J]. 电力系统装备, 2019, 1(1): 56-57.