

面向微电网优化调度的粒子群算法研究

姜义强

安徽电子信息职业技术学院机电工程学院, 安徽 蚌埠

收稿日期: 2026年7月6日; 录用日期: 2026年7月28日; 发布日期: 2026年8月10日

摘要

为解决传统粒子群算法易早熟问题, 通过优化惯性权重和改进学习因子对算法进行改进, 提升算法全局搜索能力与局部寻优精度, 避免局部最优解。搭建24小时时序微电网仿真场景, 分别采用传统粒子群算法与改进粒子群算法进行调度仿真对比。实验结果表明, 本文改进算法可有效降低微电网综合运行成本。

关键词

微电网, 粒子群算法, 惯性权重, 学习因子

Research on Particle Swarm Algorithm for Optimal Dispatch of Microgrid

Yiqiang Jiang

School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Vocational College of Electronics and Information Technology, Bengbu Anhui

Received: July 6, 2026; accepted: July 28, 2026; published: August 10, 2026

Abstract

To address the premature convergence problem of traditional particle swarm algorithm, the algorithm is improved by optimizing the inertia weight and modifying the learning factor, enhancing the global search ability and local optimization accuracy of the algorithm, and avoiding local optimal solutions. A 24-hour time series microgrid simulation scenario is established, and the traditional particle swarm algorithm and the improved particle swarm algorithm are used for dispatch simulation comparison. The experimental results show that the improved algorithm in this paper can effectively reduce the comprehensive operation cost of the microgrid.

Keywords

Microgrid, Particle Swarm Algorithm, Inertia Weight, Learning Factor

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着全球能源结构的转型和双碳战略的深入推进，传统化石能源供电模式所带来的高污染和高能耗问题愈发明显。这一背景下，以风能和太阳能为核心的分布式可再生能源得到了大规模的推广和应用。微电网作为一种新型电力系统，能够有效整合分布式电源、储能装置、可控负荷以及常规电源，展现出灵活并网、就地供能、削峰填谷等多重优势。这使得微电网在解决可再生能源的间歇性和波动性带来的并网难题方面，成为智能电网与新型电力系统建设的重要基础载体[1] [2]。

然而，风能和光伏等可再生能源的出力受到天气和时段的显著影响，其随机性和波动性较强。同时，负荷用电需求的动态变化进一步加剧了微电网运行工况的复杂性[3]。这使得传统的人工调度和常规优化方法难以兼顾微电网运行的经济性、低碳性和稳定性，导致运行成本偏高、碳排放量大、新能源消纳不充分以及功率波动超标等一系列问题。这些问题严重制约了微电网的规模化推广和高效运行[4]。因此，构建科学合理的优化调度模型，并采用高效的智能优化算法来实现微电网的协同调度，显得尤为重要。这不仅能够提升微电网的运行效率，降低能耗和碳排放，还具有重要的工程价值和理论意义。通过优化调度模型的研究与应用，我们可以为微电网的可持续发展提供有力的支持，推动绿色能源的广泛应用，助力实现全球碳中和目标。

近年来，以粒子群优化算法、麻雀优化算法和狮群算法为代表的群体智能算法，因其不依赖梯度信息、并行搜索能力强等优势，在微电网优化调度中得到了广泛应用。陈琨[5]等为了保障微电网运行的经济性并减少对环境的影响，提出了一种基于狮群优化算法(lion swarm optimization, LSO)的微电网优化调度方法。张叶贵[6]等以微电网负荷满足率最大与运行成本最小为目标，综合考虑功率约束、蓄电池运行约束等微电网运行约束条件，构建含光伏、风能、储能以及微型燃气轮机与负荷的微电网优化运行模型，采用改进粒子群优化算法(IPSO)进行求解。匡洪海[7]等设计了一种基于改进生物质气化的冷热电联供微电网经济调度模型。针对麻雀搜索算法易陷入局部最优的问题，提出一种改进的麻雀搜索算法(improved sparrow search algorithm, ISSA)对所提出的模型进行求解。

粒子群优化算法(PSO)作为一种群体智能算法，通过模拟鸟群体的社会等级机制和捕食行为进行寻优，具有结构简单、参数少、易于实现等优点[8]。然而，传统 PSO 算法与其他算法一样在解决微电网优化调度问题时易陷入局部最优和收敛精度不足等缺陷。为了克服上述不足，本文对 PSO 算法作出 2 点改进：① 提出了一种基于惯性权重因子，以协调算法的全局探索能力和局部开发能力。② 引入了一种改进学习因子，动态更新粒子的位置，从而加速算法的收敛速度。最后，通过微电网优化调度实例测试，验证了 IPSO 算法的有效性。

2. 改进粒子群优化算法

2.1. 动态惯性权重优化

为平衡算法全局探索与局部开发能力，本文设计线性递减动态惯性权重，迭代前期权重较大，扩大

搜索范围,提升全局寻优能力;迭代后期权重较小,精细化局部搜索,提升收敛精度,公式为:

$$w = w_{\max} - \frac{(w_{\max} - w_{\min})}{K_{\max}} \cdot k \quad (1)$$

式中: $w_{\max}$ 、 $w_{\min}$ 分别为惯性权重最大、最小值,取值 0.9、0.4; k 为当前迭代次数; $K_{\max}$ 为最大迭代次数。

2.2. 自适应学习因子改进

针对固定学习因子的缺陷,设计自适应学习因子,迭代前期增大自我学习因子、减小群体学习因子,鼓励粒子独立探索,保持种群多样性;迭代后期增大群体学习因子、减小自我学习因子,加速粒子向全局最优解收敛,公式为:

$$c1 = c1_{\max} - \frac{(c1_{\max} - c1_{\min})}{K_{\max}} \cdot k \quad (2)$$

$$c2 = c2_{\max} - \frac{(c2_{\max} - c2_{\min})}{K_{\max}} \cdot k \quad (3)$$

式中: $c1_{\max}$ 、 $c1_{\min}$ 为自我学习因子上下限; $c2_{\max}$ 、 $c2_{\min}$ 为群体学习因子上下限。

3. 微电网优化调度实例测试

本文以文献[9]的微电网仿真场景为参考,系统包含光伏(PV)、内燃机(GS)、微型燃气轮机(MT)、燃料电池(FC)、风力发电机(WT)以及蓄电池(BT)等,调度时长 24 h,调度间隔 1 h。设置储能 SOC 运行区间 0.2~0.9,充放电效率 0.9,结合典型地区四季风光出力特性与居民负荷时序数据作为仿真输入[9]。算法参数设置:种群规模 50,最大迭代次数 100,惯性权重 0.4~0.9,学习因子取值区间 1.5~2.5。分别采用传统 PSO 与改进 IPSO 算法进行仿真对比,结果见图 1 和图 2。

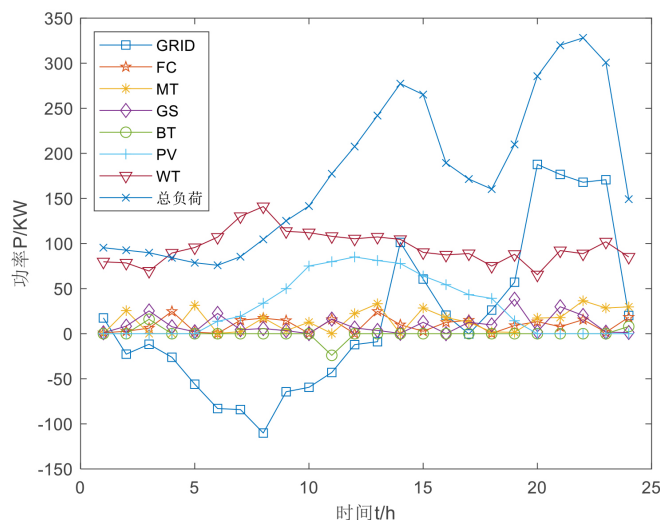


Figure 1. Power output of each source

图 1. 各电源出力情况

从图 1 和图 2 的结果可以看出,采用传统粒子群算法进行调度的微电网日均综合运行成本为 856.3 元,而使用改进粒子群算法调度后的日均综合成本则降至 742.5 元,成本降低幅度达到 12.7%。这一显著

的成本降低主要体现在柴油发电机的燃料成本和电网购电成本上，二者的降幅尤为明显。这种改善的关键在于改进算法能够精准地优化各类电源的出力配比，从而最大化地消纳风能和光伏等可再生能源。这一过程有效减少了对可控电源的依赖以及外部电网购电的需求，进而显著降低了微电网的运行能耗成本。通过这种优化调度，微电网不仅实现了经济效益的提升，也为可再生能源的高效利用提供了有力支持，展现了改进粒子群算法在实际应用中的优势和潜力。

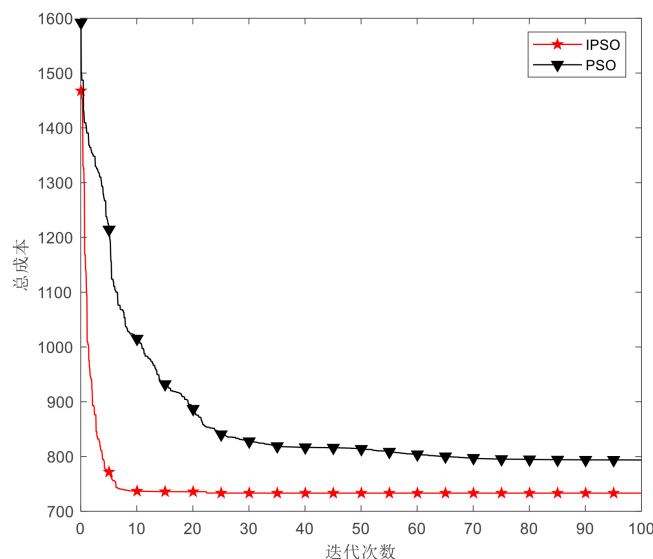


Figure 2. Convergence curve of the IPSO algorithm

图 2. IPSO 算法收敛曲线

4. 结论

本文针对传统粒子群算法在处理复杂优化问题时存在的易早熟收敛、易陷入局部最优等固有缺陷，提出了一种基于惯性权重与学习因子的协同优化改进策略。通过动态调整惯性权重以增强算法在搜索前期的全局探索能力，并自适应调节学习因子以提升后期局部挖掘性能，有效实现了全局搜索与局部细化的平衡。为验证改进算法的有效性，将其应用于 24 小时时序微电网调度场景中，并与传统粒子群算法进行仿真对比。结果表明，改进后的粒子群算法在降低微电网综合运行成本方面表现显著，调度效果更具经济性与稳定性，能够为微电网经济调度提供可靠的技术支撑。未来研究可进一步结合风光出力不确定性、多目标优化需求，完善算法对复杂运行环境的适应能力；同时拓展其在多区域互联微电网、储能协同调度等典型场景中的应用，以推动算法在实际工程中的广泛部署。

基金项目

安徽电子信息职业技术学院教学研究项目(2025JYXM016)。

参考文献

- [1] 许孝卓, 周晓舟, 艾立旺, 等. 计及动态不确定集与蓄电池损耗的微电网鲁棒优化调度[J]. 太阳能学报, 2026, 47(4): 179-189.
- [2] 仲恒, 魏立明, 王楷硕, 等. 基于风光储微电网优化调度模型研究[J]. 节能与环保, 2025(2): 36-43.
- [3] 万炜兴, 周龙, 谢丽蓉, 等. 风-光-柴-储微电网能量管理的日前优化调度策略分析[J]. 太阳能, 2024(10): 70-76.
- [4] 李鸿, 朱继忠, 董瀚江. 考虑协变量因素的多能微电网两阶段分布鲁棒优化调度[J]. 中国电机工程学报, 2025,

45(3): 822-834.

- [5] 陈琨, 朱凯. 基于狮群算法的微电网优化调度[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2026, 29(2): 48-54.
- [6] 张叶贵, 李光明, 吉畅, 等. 基于改进粒子群算法的微电网能源优化调度方法[J]. 水电与新能源, 2026, 40(1): 30-35.
- [7] 匡洪海, 李星宇, 王凯, 等. 基于改进麻雀算法的冷热电微电网优化调度[J]. 科学技术与工程, 2025, 25(19): 8108-8116.
- [8] Ma, F. and Niu, X. (2026) An Enhanced Gray Wolf Optimizer and Its Application to Parameter Calibration in Open-Channel Flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, **152**, Article 04025060. <https://doi.org/10.1061/jhend8.hyeng-14426>
- [9] 陈文梅, 陈永黄, 陈小燕. 基于 Levy 飞行粒子群优化算法的微电网优化调度[J]. 应用数学进展, 2025, 14(8): 17-27.