

中文摘要

在科学技术不断发展,能源需求量不断增加的同时,人们对化石能源石油,煤,天然气的需求也越来越大。这就带来了一系列的问题,如环境污染,化石能源的消耗等等。因此,研究和开发新型洁净的可替代能源具有十分重要的意义。随着风电和光伏发电装机容量的迅速增加,新能源的接入使多电源并网问题面临着严峻的挑战。针对于多电源并网问题,粒子群算法求解具有较强的寻优和收敛性,因而得到了广泛的关注。

为了克服粒子群算法中初始化种群的不确定性,本文提出一种改进的粒子群算法。以混沌映射 Logistic 映射初始化种群。利用混沌的遍历性和不重复性,使粒子群算法生成的初始解更加靠近全局最优解,提高粒子群算法的求解速度。粒子群算法的惯性权重是一个重要的参数,它可以调节算法的全局与局部寻优能力。将粒子群算法的惯性权重自适应化,在算法初期惯性权重较大,使惯性权重逐渐减小,以适应局部搜索的能力。并采用测试函数进行对比实验,实验结果表明改进后的算法求解结果更接近最小值并且收敛性要好于其他对比算法,所以证明改进策略可以显著提升粒子群算法的寻优能力。

为了解决粒子群算法在计算的后期容易陷入局部最优的问题,在上述算法改进的基础上提出一种混合粒子群算法。在粒子群算法原有搜索机制的基础上,混合差分进化算法。通过一定的概率使用粒子群或者差分进化算法的搜索机制,使粒子群算法有一定概率跳脱出原有搜索机制,可以有效保持粒子群算法种群多样性。在粒子群算法中引入高斯扰动机制,保证混合粒子群算法在有效地局部搜索的前提下,增加算法进行全局搜索的可能性。最后将混合粒子群算法在相同迭代数下进行对比实验,实验中混合粒子群算法在多个测试函数中都可以取得最小值,在目标值迭代图中可以得出混合粒子群算法的收敛性显著提高,优于其他改进粒子群算法,证实了混合粒子群算法有更强的寻优和搜索能力。

针对多电源并网优化的问题,本文建立基于火风光的多电源并网优化出力模型。在多目标多约束的条件下,设定合理的需求侧负荷。并在相同设置的前提下,将混合粒子群算法和对比粒子群算法应用于多电源并网优化问题,求解电网波动、发电成本 and 环境污染几个目标函数的最小值。仿真结果表明,通过使用本文改进的混合粒子群算法求解得到的目标值对比算法减少 50%。可以在最大限度地利用风能和太阳能的前提下,优化调配火电机组出力,在电网波动最小地情况下使其出力可以满足负荷需求。可以得出混合粒子群算法求解结果可以在有效控制环境污染的前提下,可以有效减少多电源并网模型和电网的交互功率,节约发电成本。

综上所述,本文提出一种混合粒子群算法,通过对比实验证明了其优越的寻优能力。并将混合粒子群算法应用于多电源并网发电模型,有效地降低了多电源并网模型与电网之间的交互波动性,将发电成本降低近一半,保证了多电源并网发电模型的波动性和经济性,有着可观的优化效果。

关键词: 粒子群优化算法; 多电源并网; 差分进化算法; 混沌映射; 高斯扰动

ABSTRACT

With the continuous development of science and technology and the increasing demand for energy, people's demand for fossil energy, such as oil, coal and natural gas, is also increasing. This brings about a series of problems, such as environmental pollution, the consumption of fossil energy, and so on. Therefore, the research and development of new and clean alternative energy sources is of great significance. With the rapid increase of the installed capacity of wind power and photovoltaic power generation, the access of new energy makes the problem of multiple power grid connection faced with severe challenges. For the problem of multiple power grid connection, the particle swarm algorithm solution has strong optimization and convergence, so it has received wide attention.

To overcome the uncertainty of initializing the population in the PSO, in this paper an improved PSO algorithm is proposed. Initialize the population with the chaotic map Logistic map. Using the ergodicity and non-repeatability of chaos, the initial solution generated by the PSO is closer to the global optimal solution, and then the solution speed of the PSO is improved. The inertial weight of the particle swarm algorithm is an important parameter, which can adjust the global and local optimization ability of the algorithm. The inertial weight of the particle swarm algorithm is automatically adaptive, and the inertial weight of the algorithm is large, so that the inertial weight is gradually reduced to adapt to the ability of local search. The test function is used for comparison experiments. The experimental results show that the improved algorithm is closer to the minimum value and the convergence is better than other comparison algorithms, so it is proved that the improved strategy can significantly improve the optimization ability of the particle swarm algorithm.

In order to solve the problem that PSO can easily fall into local optimum in the late stage of calculation, a mixed PSO is proposed on the basis of the above algorithm. On the basis of the original search mechanism of the particle swarm

algorithm, the mixed differential evolution algorithm uses the search mechanism of the particle swarm or the differential evolution algorithm through a certain probability. The particle swarm algorithm can effectively maintain the population diversity of the particle swarm algorithm. The introduction of a Gaussian disturbance mechanism into the PSO algorithm ensures that the mixed PSO increases the possibility of a global search under the premise of effective local search. Finally the mixed particle swarm algorithm under the same iteration number of comparison experiment, mixed particle swarm algorithm in the experiment can be minimum in multiple test function, in the target value iteration figure can be concluded that the convergence of mixed particle swarm algorithm is significantly improved, better than other improved particle swarm algorithm, confirmed that the mixed particle swarm algorithm has a stronger optimal search and search ability.

In view of the optimization of multi-power grid, this paper establishes the optimization output model of multi-power grid based on fire scenery. And under the condition of multiple objectives and multiple constraints, a reasonable demand side load is set. On the premise of maximizing the use of wind and solar energy, the output of thermal power units is optimized, so that the output can meet the load demand under the minimum fluctuation of the power grid. And compare experiments with other improved particle swarm algorithms at the same setting. By applying the hybrid PMS to the multi-power grid optimization problem, the simulation results show that the improved hybrid PMS algorithm is 50% less than the comparison algorithm. It can be concluded that under the premise of effectively controlling the environmental pollution, the hybrid particle swarm algorithm can effectively reduce the interactive power of the multiple power grid connection model and the power grid, and save nearly half of the power generation cost.

In summary, this paper proposes a mixed particle swarm algorithm and demonstrates its superior optimization ability through comparative experiments. The hybrid particle swarm algorithm is applied to the multi-power grid-connected power generation model to obtain the better solution results. It

effectively reduces the interaction volatility between the multi-power grid-connected model and the power grid, reduces the power generation cost by nearly half, ensures the volatility and economy of the multi-power grid-connected power generation model, and has considerable optimization effect.

key words:Particle swarm optimization algorithm; Multi-power grid-connection; Differential evolution algorithm; Chaotic mapping; Gaussian perturbation;

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 课题的研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 粒子群算法研究现状	2
1.2.2 多电源并网优化问题研究现状	4
1.3 本文主要的工作内容	5
第二章 基于混沌映射种群的自适应粒子群算法	7
2.1 基本粒子群算法	7
2.2 基于混沌映射初始化种群	9
2.2.1 混沌理论	9
2.2.2 混沌映射初始化种群	10
2.3 自适应惯性权重 ω	11
2.4 改进粒子群算法	12
2.5 实验验证	13
2.5.1 混沌映射初始化种群验证	14
2.5.2 自适应惯性权重验证	16
2.5.3 对比实验结果及分析	17
2.6 本章小结	25
第三章 混合差分进化的粒子群算法设计	27
3.1 混合差分进化的粒子群算法	27
3.2 结合高斯扰动的混合粒子群算法	28
3.3 混合粒子群算法流程	28
3.4 对比实验结果及分析	30
3.4.1 数值比较	31
3.4.2 收敛性分析	34
3.5 本章小结	39
第四章 改进粒子群算法在多电源并网的应用	41
4.1 发电侧电源相关介绍	41

4.1.1 风力发电概述	41
4.1.2 光伏发电概述	41
4.1.3 火力发电概述	42
4.2 多电源并网模型的建立	43
4.2.1 目标函数	43
4.2.2 约束条件	44
4.3 模型求解	46
4.3.1 实验结果	48
4.3.2 对比分析	53
4.4 本章小结	54
第五章 总结与展望	55
5.1 总结	55
5.2 展望	55
参 考 文 献	57
致 谢	61

第一章 绪 论

1.1 课题的研究背景及意义

近年来,能源短缺、环境污染等问题日益突出。因此,利用新能源显得尤为重要。可再生能源不仅能缓解气候变暖,还能经济迅速发展创造机遇,增强现有能源系统的弹性^[1]。目前,风力发电技术、光伏发电技术等是世界上应用最为广泛的新能源发电技术。然而,当大量新能源并网后,将对电网稳定造成严重影响,甚至导致电网崩溃,从而导致大面积停电。这就需要减少电网波动和调配出力来保证电网安全稳定运行。

粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization,PSO)是一种演化计算技术。由于它的工作原理比较简单,所需的参量精简,所以已得到了广泛的研究和应用。针对 PSO 算法初期收敛较快,后期收敛较慢以及没有精确的参数选取标准的缺点,学者对 PSO 算法的改进主要是从粒子群的惯性权重、粒子群的变异策略以及算法的优化等方面进行了改进。由于 PSO 算法不依赖于问题信息,利用实数来求解多目标问题,具有更强的普适性,而且由于它简单易改进所以越来越受到人们的重视。由于 PSO 算法具有较强的寻优能力,收敛速度快等优点。因此,PSO 算法被广泛地应用到各个领域中来求解复杂的优化问题。

多电源并网优化出力指的是一种电力系统的优化出力。要考虑电厂的选址,并网成本,还要考虑到网络中的有功和无功损耗等相关的约束因素,进而达到在发电机组之间进行负载的合理分布,确保用户可以得到稳定、安全的用电。无论是火电厂、风电场还是光伏电站,多电源的优化出力问题的研究主要包括有负荷预测、机组组合优化等相关问题。常规电网主要关注电网的经济性能指标,不能保障风力发电的大规模接入,并且风力的波动、间歇特性以及实时、精确的预报。在行政规制介入下,常规的输出策略不能体现出风力发电的间隙、波动性等特征,从而影响到系统运行中的节能减排目标,无法很好地实现目前的电网的安全稳定运行,也无法确保高电能品质和电网运行的经济性。风电、太阳能的出力具有较大的波动性,且具有较高的不确定度,且很难调控。

本文研究改进粒子群算法,并通过试验证明其有效性。同时针对(1)火电站、光伏电站和风电场并网波动尽可能小(2)运营总成本较小(3)控制环境污染问题的前提下建立成熟的多电源并网优化出力模型,通过改进粒子群算法对模型进行求解。可以更好地使模型稳定输出用电负荷,以达到最小化并网波动、运营总成本以及环境污染的目的,保证电网安全稳定运行。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 粒子群算法研究现状

PSO 算法最早由 Kennedy 和 Russell Eberhart 等人提出，这是一种基于人工生命理论，基于进化计算的算法。由于该方法原理简单，所需要的参数较少，所以被广泛研究与应用。由于 PSO 算法在迭代初期收敛迅速，但在迭代结束时收敛缓慢，且没有准确的参数选取准则，易陷入局部极值。因此，在它被提出之后的二十多年中，研究者们对其进行了大量的改进，所有的改进重点分为：对粒子群算法调整参数的改进；粒子群算法领域拓扑的改进；多种算法与粒子群算法混合的改进。

(1) 粒子群算法参数调整。Coello 等人^[1]提出了第一种粒子群优化方法。在 PSO 算法中引入了 Pareto 优势的思想。为使粒子群中的粒子在迭代过程中的速度可以随时间动态地变化，同时也可以得到更多的粒子，从而达到在算法后期对局部焦点区域的搜索要求。Shi 等^[2]采用一种新的惯性权重递减法，使该方法在迭代时减小惯性权重的下降速度，从而大大增强了粒子的寻优性能。基于这一点，Chatterjee 等人^[3]提出一种基于惯性权重与粒子初速非线性关系的优化方法，可有效地调整粒子搜索方向，提高搜索效率。Ratnaweera 等引入了线性时变学习因子以及惯性权重，以便在局部发展与全局探索之间取得更好的平衡^[4]。Ren 等人在粒子群的参数初始化过程中，利用不动点理论中的单纯形算法，来维持种群的多样性^[5]。Chen 通过引入正余弦学习因子、正弦映射惯性权重等方法，提高了群体的寻优能力^[6]。文献[7]中提出了一种动态用多个公式控制惯性权重的方法。具体来说，就是利用指数函数中不同的指数形式，控制惯性权值在迭代过程中的下降速率。文献[8]中将粒子群算法的速度更新函数、学习因子和惯性权重都进行了改进。将粒子群的速度更新函数加入随机数；将惯性权重自适应化，使其分阶段进行变化；将两个学习因子自适应化，使其在每个阶段都有针对性。缺点是完全采用随机数更新速度，有不确定性。熊有强等人动态调整了粒子群算法群体认知部分的公式应用于解油气集输管网。

(2) 粒子群算法领域拓扑的改进。PSO 算法的优劣主要依赖于 PSO 中各粒子间的相互传递。在这种情况下，优于算法的领域拓扑结构不同，相应的搜索方式也会发生变化。为了提高 PSO 算法的计算性能，很多学者都在寻找合适的领域拓扑。文献[9]中针对 PSO 算法容易陷入局部极小和容易早熟收敛的问题，提出一种基于 PSO 算法的混合拓扑粒子群算法，并将其用于软件测试数据自动生成。针对全局拓扑结构在多峰函数中早熟的问题，Zhang 等提出了一种基于综合学习的 PSO 算法^[10]，这种算法可以扩大每个

粒子的搜索范围,有效解决了 PSO 算法早熟的问题。文献[11]中利用自适应函数控制领域粒子数量,通过对利用领域结构的改变,实现了对 PSO 算法拓扑结构的改变。为了解决 PSO 算法的收敛性差、容易陷入局部极值等问题,文献[12]中将侦查学习策略融入到粒子群算法当中,将侦查学习策略的公式替代传统 PSO 算法当中的位置和速度迭代公式,进而增加更多的解,避免陷入局部最优。文献[13]中针对种群初始化随机的问題,采用定长环形拓扑结构取代粒子群的全连接拓扑结构,并对陷入局部优化的粒子采取禁忌处理,使种群多样性大幅度提升,有明显的效果。

(3) 多种算法与 PSO 算法混合。由于不同的启发,不同的算法各有优势,因此,人们自然而然地想到,把不同的算法融合到一个综合模型中,使得各个算法能够相互补充,并将各自的优点进行整合,从而构造出更加有效的算法。这样可以弥补 PSO 算法自身的缺陷。Higashi 等人^[14]将进化算法思想引入到 PSO 算法中,融合高斯扰动算子与粒子群算法,并结合基本的速度与位置更新规则,获得优于经典遗传与经典粒子群算法的优化结果。康岚兰等^[15]本项目提出一种自适应的柯西变异算法,该算法基于反向学习思想设计柯西变异策略,通过逆向学习策略对算法进行反向求解,根据迭代过程的变化,通过逆向学习实现逆向求解,扩大搜索空间;通过扰动当前最优粒子,动态获取突变点,提高粒子群算法的求解精度和收敛速度。Alaaeldin^[16]提出了粒子群算法与灰狼优化算法相结合的优化算法。Liu 等人^[17]提出了一种混合算法,将粒子群算法与遗传算法相结合,提升了算法寻优速度。高鹰等人^[18]在基于杂交的粒子群算法中加入了模拟退火思想。王俊伟等人^[19]使粒子按照一定概率根据梯度信息进行更新,从而提高了粒子运动的针对性和效率。Shi 等^[20]将粒子群算法与萤火虫优化算法相结合,对多样性和收敛性进行了平衡,并用集成学习形成最终的种群。Tam 等人^[21]将遗传算法、蚁群算法与粒子群优化算法相融合,提高了算法的搜索与开发能力。AngelinePJ^[22]在粒子群算法中引入了自然界中的自然选择机制,在保持最优解的情况下,将最优解的两个粒子的位置信息进行替换,使其具有更好的全局优化性能,并使其具有更好的搜索效果。2012 年,唐德玉等人^[23]提出了一种基于量子粒子群的混合式蛙跳算法,以提高算法的精确度。2015 年,余庆等人^[24]该方法将群体划分为两个不同的子群,并采用相应的优化策略,使得两个子群在最优状态下交替工作,以加快收敛速度,同时也加快了计算的准确性。

虽然国内外学者对 PSO 算法进行了多种改进,但是,由于 PSO 是一种演化算法,它的解只能趋近于最优点,而且它自身也带有一定的随机性。因此,如何加快 PSO 算法的收敛性仍然是一个值得关注的问题。

1.2.2 多电源并网优化问题研究现状

为了保证电网安全稳定运行，多电源并网优化问题需要从以下几个方面进行研究：

(1) 保证电网电压稳定；(2) 保证电网有功损耗最少；(3) 保证无功补偿容量最小。在文献[25]中，在对静态电压稳定性进行建模的过程中，将静态电压稳定性纳入了其中，提出了最小的有功损耗，最佳的静态电压稳定性，最佳的电压水平。文献[26]主要对水电、火电联合出力问题展开了研究，在文中，以火电厂运行费用最低、污染气体排放量最低和发电厂的效益最大为目标，是一个有关电力系统的多目标优化出力问题。在含有可再生能源接入的电力系统统中，出力可以分为如下几种类型：(1) 火电机组运行成本最低^[27]；(2) 总电力费用是最小，其中包含了风力发电等新能源的电力费用^[28]；(3) 将优化的目标设定为风险最低^[29]；(4) 将优化的目标设定为环境污染最小^[30]；(5) 将优化的目标设定为在电力市场中购买的电力的费用最小^[31]；(6) 和把上述多个目标相结合作为最优的多目标^[32]。文献[33]中提出了一种火风水多电源互补的最优出力策略，假定风电、光伏发电全部出力，然后利用抽水蓄能来平抑，但并未给出具体的抽水蓄能平抑风光的波动的措施。文献[34]中深入分析了风电、光伏发电的时空互补性，证明了风电、光伏发电具有连续、稳定的特点。然而，如何实现风光两种新能源的有效并网，目前还尚缺乏深入研究。在文献[35]中，在风电和火电机组的组合中，采用了一种改进的粒子群算法，这种算法具有很好的收敛能力，可以使输出结果得到最优，但是它很容易陷入局部最优；在文献[36]中，采用了混合智能算法来对风火储进行优化出力，然而，在这一过程中，并没有太多地考虑到风力的波动对系统的影响。在文献[37]中，将多目标粒子群算法应用于一类带约束的多目标最优问题，但是对于多变量最优问题，还没有做过进一步的探讨。文献[38]对热力发电并联条件提出了约束，但未将(1)单元的攀爬限制纳入考虑范围；(2)电力供给侧与消费侧之间的电力均衡；(3)发电装置的发电限制；但未将机组爬坡、启动、停机时间限制等因素考虑在内；文献[39]将约束条件设置为：(1)单元输出的上、下限约束，即每个单元能够分担的负荷被单元本身的工作能力所限定；(2)发电侧和用电侧之间的平衡；(3)单元负载升降率限制，根据单元本身的特性，单元输出功率的升降率必须满足的限制；(4)安全性限制。在电网中，负荷分配的首要任务就是确保电网的安全稳定运行，确保电网的正常运行。(5)由附属装置引起的载荷极限。论文[40]讨论了多电源的集中群组控制策略、无功电压调节策略、稳定策略中的在线预警策略、不同类型电源的协同控制策略、多电源与储能装置之间的协同作用策略等五个研究成果，并据此提出了进一步研究的方向。文献[41]对分布式电源的特性进行了归纳和分析，通过对国内外先进技术发展和应用领域的归纳和分

析,分析了在分布式电源接入情况下,以微电网的形式来消纳综合能源,分析了多电源并网优化出力的可行性。文献[42]总结了间歇性能源接入的历史,着重讨论了目前间歇性能源接入技术研究的现状,并阐述了在未来几年中间歇性能源接入技术的发展趋势。论文[43]针对配电网中新能源接入带来的影响进行了分析,得出了配电网中系统参数的变化情况。

针对电厂在规划和优化配置方面。在文献[44]中,提出了一种综合考虑馈线容量、馈线电压分布及三相短路电流等多个因素的多源并网系统的最优分配方案,并对其进行了改进。在文献[45]中,利用模拟退火算法对多能源的定容和选址进行了改进,在此基础上,将网络损耗作为一个目标函数,构建了一个最优模型,通过仿真实验,可以看出,这种算法在求解多能源的定容和选址问题时,具有良好的全局寻优能力。文献[46]对计及节能调度的分布式能源优化配置进行了研究,使用了两层规划的数学模型,并与改进的蚁群算法相结合来进行求解。文献[47]对多电源并网的电网中的能源优化规划问题展开了研究,通过归一化处理,将电网损耗、分布式新能源总容量等多目标问题转化为单目标问题,利用改进的遗传算法进行求解。试验结果显示,与传统的遗传算法相比,这种算法在收敛速度和优化效率方面都有了很大的提高。在文献[48]中,利用模糊逻辑理论,对总体满意度进行了判断,在此基础上,提出一种基于单目标优化的分布式能源定容与布局优化方法,实现分布式能源定容与布局优化的多目标协同优化。

促进风电、光伏等新能源的快速发展,研究多电源并网优化出力有利于降低电网负荷峰值,降低系统峰谷差,提高系统运行效率。也有利于提高电网对分布式电源的接纳能力,缓解电网峰谷差增大等问题。提高新能源在电网中的比例,可以增加电力系统稳定性和安全性,保障电力系统安全运行。所以研究多电源并网优化出力有很强的现实意义。

1.3 本文主要的工作内容

本课题主要研究 PSO 算法的改进以及在多电源并网优化出力模型上的应用,论文的主要内容和章节安排如下:

第一章为绪论,阐述了 PSO 算法的发展历史,PSO 算法多个方面的改进方法和策略。以及多电源并网优化出力方面的研究背景和现实意义,并对全文的研究内容作了概述。

第二章介绍混沌映射初始化种群的自适应粒子群算法。以混沌映射 Logistic 映射初始化种群;将 Logistic 混沌映射引入到 PSO 算法中。应用其随机性和遍历性提升了搜索的能力。混沌运动具有遍历性,它能无序地遍历区域中的一切状态。采取惯性权重与函

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/987053165120006134>