

# 基于太阳能充电站中风光火多目标优化管理问题的研究

邢毓华<sup>1</sup>, 刘兴<sup>1</sup>, 程绍谦<sup>2</sup>

(1. 西安理工大学 自动化与信息工程学院, 西安 710048;

2. 中国机械设备工程股份有限公司 (CMEC), 北京 100055)

**摘要:** 新能源汽车行业的蓬勃发展, 带来了新能源汽车充电站的建设和运营相关问题; 无人值守是今后所有行业的一个主流趋势, 充电站当然也不例外; 无人值守的充电站被要求不仅能对站内突发情况自主解决, 而且充电站能够充分、合理利用当地电力资源, 实现电力资源的合理优化调度; 因此文中的重点便是研究如何均衡使用当地已有的电力资源, 使得充电站运营成本和电池损耗最小; 文中在分析了太阳能充电站的系统功能和运营方式基础之上, 建立了该系统接入风力、火力等电力资源的优化调度模型, 通过非支配遗传算法 NSGA-II 对多目标函数优化模型进行求解, 验证模型的有效性和可靠性, 为未来涉及多种电力资源的运营管理问题提供了一条参考途径。

**关键词:** 太阳能充电站; 运营成本; 合理调度; 优化函数模型; NSGA-II 算法

## Research on Multi-objective Optimization Management Problem of Wind Power, Photovoltaic and Thermal Based on Solar Charging Station

Xing Yuhua, Liu Xing, Cheng Shaoqian

(1. College of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. China Machinery Engineering Corporation, Beijing 100055, China)

**Abstract:** The booming development of the new energy EV industry has brought about problems related to the construction and operation of new energy vehicle charging stations. Unattended is a mainstream trend in all future industries, and charging stations are no exception. The unattended charging station is required to not only solve the sudden situation in the station, but also can fully and reasonably utilize the local power resources to realize the rational optimization and scheduling of the power resources. Therefore, the purpose of this paper is to study how to balance the use of local existing power resources, so that the charging station operating costs and battery losses can be minimized. Based on the analysis of the system function and operation mode of solar charging station and considering the validity and reliability of the model, the optimal scheduling model is established to access wind power, firepower and other power resources. The multi-objective function optimization model is calculated by non-dominated genetic algorithm NSGA-II, which provides a reference path for future operational management issues involving multiple power resources.

**Keywords:** solar charging station; operating cost; reasonable scheduling; optimization function model; NSGA-II algorithm

## 0 引言

环境污染与资源短缺的现实情况促使全球各国开始重新聚焦新能源的开发利用问题, 并且寄希望于新能源能够改善化石燃料所带来的环境污染以及可能会发生的能源枯竭问题<sup>[1]</sup>。正是基于上述问题, 新能源汽车屡次被国内外众多汽车行业巨头所提及。促使新能源汽车行业蓬勃发展当然离不开相应充电设施的完善。电动汽车充电站未来的发展方向将是无人化、智能化、方便快捷, 要求充电站不仅能对站内的紧急情况作出反应, 而且可以自主、充分、合理地实现当地电力资源的调度, 因此, 本文在研究无人

值守太阳能充电站的基础之上, 提出一种太阳能充电站运营过程中将风、光、火力发电系统相结合的充电站运营策略。一方面尽可能利用光伏资源, 以当地火力发电系统和风力发电系统为依托(假如存在的情况下, 例如我国西部地区风力资源和光照资源相对丰富, 可利用光伏资源更多<sup>[2]</sup>), 尽可能减少购电费用, 从而减少充电站的运营成本; 另一方面考虑电动车充电电流和电压, 尽量减少充电站内蓄电池的过流充电、欠压充电, 从而增加充电站内蓄电池的使用寿命<sup>[3]</sup>。

## 1 无人值守太阳能充电站系统总体概述

### 1.1 系统结构

该系统主要由太阳能发电系统、储电管理系统、直流配电系统、充电系统、监控管理系统五部分组成<sup>[4]</sup>。太阳能充电站总体结构示意图如图 1 所示。

### 1.2 系统各部分功能

1) 太阳能发电系统: 由光伏电池组件和电路转换装置

收稿日期: 2018-12-24; 修回日期: 2019-01-18。

基金项目: 国家自然科学基金(51307140)。

作者简介: 邢毓华(1966-), 男, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事物联网通信技术方向的研究。

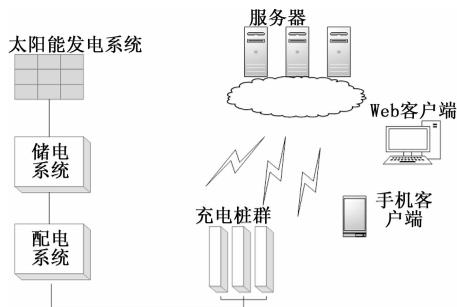


图 1 太阳能充电站系统结构图

组成。

2) 储电管理系统: 利用蓄电池组将多余的能量储存起来, 作为太阳能充电站后备能量和夜间备用电量。

3) 直流配电系统: 大功率直流充电机运行时需要稳定的输出, 必不可少地需要直流配电系统进行配电管理<sup>[4]</sup>。

4) 充电系统: 通常采用有源校正型高频开关整流充电机作为非车载充电机, 其电路简单, 技术成熟, 工作性能稳定, 性价比较高<sup>[4]</sup>。

5) 监控管理系统: 实时监控设备运行状态, 在发生故障的时候能够自动紧急停机, 降低人身财产损失, 定时汇集运行数据, 分析用户使用充电桩的数据, 以便发生故障时及时通知维修人员赶赴现场进行抢修<sup>[4]</sup>。

### 1.3 太阳能充电站运营成本分析

因为该系统采用纯太阳能发电系统为电动汽车进行充电, 因此该系统主要运营成本来自于光伏电池组件、电路转换装置、蓄电池组、配电系统等。由于该系统光伏电池组件、电路转换装置、配电系统价格寿命基本固定, 系统成本的降低主要来源对蓄电池组的合理使用以延长蓄电池使用寿命和控制外接电力资源的购电成本两方面。

## 2 风光火一体电动汽车充电桩运营策略

由于我国各地区、资源的限制问题, 真正完全意义上的纯太阳能电动车充电系统, 就目前来说并不能完全适应我国国情, 日照辐射不稳定或者光照资源相对匮乏的地区可能不能完全供应繁忙的电动汽车充电需求。就目前来说, 火力发电系统还是占到所有形式发电系统的一半以上, 其次是水电、风电、其它形式的发电形式, 如图 2 所示是 2017 年中国发电结构饼状图<sup>[5]</sup>。

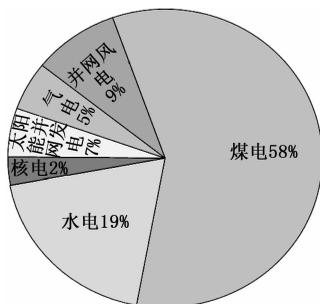


图 2 2017 年中国发电结构图

本文在研究太阳能充电站的基础之上, 考虑到当地可能现有的能源结构, 从而将太阳能与非太阳能发电结构相结合对电动汽车进行充电, 使得该充电站的利益最大化。

当太阳能充电站所产生的电量和蓄电池组的电量可以供应用户充电需求, 则此时不需要购电成本。当太阳能充电站产生的电量和站内蓄电池组的电量不足以供应用户充电需求时, 则需要从当地火力和风力发电系统购电 (这里只考虑太阳能、火力、风力发电结构, 其余情况类似分析), 此时产生购电成本。在此情况下, 考虑购什么形式的电能能使得该系统成本最优, 从而使得运营商的利益最大化, 为今后光、风、火一体化充电运营方式提供理论和技术支撑。

## 3 风光火充电结构多目标优化函数调度模型

### 3.1 模型概述

该系统涉及光、风、火一体充电结构, 分析该系统购电成本和电池组充电功率, 则需要分析光伏发电功率、蓄电池组充电电压和充电电流、火力发电功率、风力发电功率、风力购电费用、火力购电费用、汽车充电时间等诸多因素, 以及相关影响因子, 如光伏发电功率需要分析太阳能光伏板转换功率、日照条件、光伏电池板的倾角<sup>[6]</sup>; 配电网功率需要分析功率损耗、成本、分时电价等。在此, 本文提出一种设置各种发电结构的总损耗系数的方式, 去建立各该系统优化函数模型, 从而去分析模型并求解系统最优解。

### 3.2 优化目标函数 1—购电费用

由上文可知, 该系统购电成本主要来自于充电站向火力和风力发电系统的购电费用, 因此减少外在能源的购电费用, 便是我们优化调度的第一个目标。

$$C = M(t) \cdot E(t) \quad (1)$$

$$C = \sum_0^T (P_f(t) \cdot M_f(t) + P_w(t) \cdot M_w(t)) \cdot \Delta T \quad (2)$$

其中 (1) 式中  $M(t)$  为  $\Delta T$  时间段内购电单价,  $E(t)$  为  $\Delta T$  时间段的购电电量,  $C$  为向火力和风力发电系统总购电成本。(2) 式  $P_f(t)$  为  $\Delta T$  时间段火力发电系统平均功率,  $M_f(t)$  为  $\Delta T$  时间段火力发电系统购电单价,  $P_w(t)$  为  $\Delta T$  时间段风力发电系统平均功率,  $M_w(t)$  为  $\Delta T$  时间段风力发电系统购电单价。

由能量守恒定理可知: 当蓄电池组处于放电状态时, 如果太阳能发电能量和充电站内蓄电池组电量小于用户充电电量, 则需要从风电系统或者火电系统购电; 如果光伏发电电量和蓄电池组电量大于用户充电电量, 此时不需要购电成本, 系统处于动态平衡。当蓄电池组处于充电状态时, 同理, 如果太阳能发电电量小于蓄电池组和电动汽车充电电量之和, 则需要从风电系统或者火电系统购电; 如果太阳能发电电量大于蓄电池组和电动汽车充电电量之和, 则不需要购电费用, 此时让蓄电池组尽可能最大程度吸收太阳能剩余电量并存储起来。具体如下:

$$E_s(t)\mu_s(t) + E_b(t)\mu_b(t) - E_c(t)\mu_c(t) < 0 \quad (3)$$

购电电量为：

$$E(t) = E_b(t)\mu_b(t) + E_s(t)\mu_s(t) - E_c(t)\mu_c(t) = E_f(t) + E_w(t) \quad (4)$$

因为我们需要考虑时间约束，以便后续分析。在此，对 (4) 式作如下变换，如下：

$$P(t) = P_c(t)\mu_c(t) + P_b(t)\mu_b(t) - P_s(t)\mu_s(t) = P_f(t) + P_w(t) \quad (5)$$

其中：充电时， $P_b(t) > 0$ ；放电时， $P_b(t) < 0$ 。如下：

$$P_b(t) = \begin{cases} |P_B(t)|, & P_B(t) < 0 \\ 0, & P_B(t) \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

在上述式 (3) 中  $E_s(t)$ 、 $E_c(t)$ 、 $E_b(t)$ 、 $E_f(t)$ 、 $E_w(t)$ 、 $E(t)$  分别为  $\Delta T$  时间段光伏发电电量、电动汽车的充电电量、蓄电池的电量、向风力发电系统购电电量、向火力发电系统购电电量、总购电电量；式 (3)、(4) 中  $\mu_s(t)$ 、 $\mu_c(t)$ 、 $\mu_b(t)$  分别为光伏发电总损耗、电动汽车充电过程中损耗、蓄电池组总损耗。式 (5) 中  $P_s(t)$ 、 $P_c(t)$ 、 $P_b(t)$ 、 $P_f(t)$ 、 $P_w(t)$ 、 $P(t)$  为  $\Delta T$  时间段内光伏发电功率、站内电动汽车充电功率、电动汽车需求充电功率、蓄电池组充放电功率、风力发电功率、火力发电功率、购电总功率。

### 3.3 优化目标函数 2—蓄电池组充电功率

蓄电池常用充电方式有三种<sup>[7]</sup>：恒流充电法，恒压充电法，阶段充电法。恒流充电法是用调整充电装置输出电压或改变与蓄电池串联电阻的方法，保持充电电流强度不变的充电方法，但由于电池的可接受电流能力是随着充电过程的进行而逐渐下降的，到充电后期，充电电流多用于电解水，产生气体，使出气过甚；恒压充电法是充电电源的电压在全部充电时间里保持恒定的数值，随着蓄电池端电压的逐渐升高，电流逐渐减少。与恒流充电法相比，其充电过程更接近于最佳充电曲线，但是恒压充电法在充电初期电流过大，对蓄电池寿命造成很大影响，且容易使蓄电池极板弯曲，造成电池报废；阶段充电法是将恒压充电法与恒流充电法的结合，常用两阶段充电法。首先，以恒流充电至预定的电压值，然后，改为恒电压完成剩余的充电<sup>[7]</sup>。

本文采用二阶段充电法，给蓄电池充电，即：先以恒电流充电至预定的电压值，然后，改为恒电压完成剩余的充电。文中在通过约束充电电压、电流，而后在其范围内分别对充电功率进行计算，如式 (7)、(8)：

$$P_B(t) = \sum_0^T U(t) \cdot I(t) \quad (7)$$

$$P_B(t) = \begin{cases} U(t) \cdot I_{\max}, & U_{\min} \leq U(t) \leq U_{\max} \\ I(t) \cdot U_{\min}, & I_{\min} \leq I(t) \leq I_{\max} \end{cases} \quad (8)$$

其中： $U_{\max}$ 、 $U_{\min}$ 为蓄电池生产厂商规定的蓄电池最佳充电电压范围值， $I_{\max}$ 、 $I_{\min}$ 为蓄电池生产厂商规定的蓄电池最佳充电电流范围值， $U(t)$ 、 $I(t)$ 分别为  $t$  时刻蓄电池组充电电压，和充电电流。

### 3.4 模型约束

#### 3.4.1 电压、电流约束

电池生产厂商在蓄电池生产时已经规定好了蓄电池的最佳充电电流和电压。例如：12 V 铅酸电池为最佳充电电压为 14~15 V，充电电流一般都是容量的 10% 即 10 小时率<sup>[8]</sup>，比如 100 AH 12 V 的电池，最佳充电电压和电流分别为：15 V 10 A。因此电压、电流约束如式 (9)、(10) 所示：

$$U_{\max} > U(t) \geq U_{\min} \quad (9)$$

$$I_{\max} > I(t) \geq I_{\min} \quad (10)$$

#### 3.4.2 电动汽车充电时间约束<sup>[9]</sup>

$$T_{sk} \leq t < T_{sk} + \frac{E_{sk}}{P_s} \quad (11)$$

$T_{sk}$ 为第  $k$  辆车充电开始时间， $t$  为电动汽车充电时间， $E_{sk}$ 为第  $k$  辆车起始需求电量， $p_s$ 为充电桩额定充电功率。电动汽车充电需求可由每台电动汽车开始充电时刻的概率密度函数、日行驶里程的概率密度函数、充电时长的概率密度函数求得、单台电动汽车充电功率求得<sup>[10-12]</sup>。

#### 3.4.3 储能转换装置的充/放电功率约束

储能转换装置的充/放电功率受双向 ECS 额定容量的约束<sup>[13]</sup>，如下：

$$|P_B(t)| \leq P_{B\_ovr} \quad (12)$$

其中： $P_{B\_ovr}$ 为蓄电池组的额定功率。

#### 3.4.4 风电系统发电功率约束

风电系统发电功率，主要是在充电起始时间内，风电系统将动能转化为电能的机组输出功率并乘以相应损耗系数，生成  $P_w(t)$ 。

#### 3.4.5 火电系统发电功率约束

火电系统发电功率，主要是在充电起始时间内，火电系统将热能转化为电能的机组输出功率并乘以相应损耗系数，生成  $P_f(t)$ 。

#### 3.4.6 能量守恒约束<sup>[13]</sup>

当太阳能充系统处于动态平衡状态，此时系统输入能量等于系统输出能量，如式 (13)：

$$P(t) + P_s(t)\mu_s(t) = P_c(t)\mu_c(t) + P_b(t)\mu_b(t) \quad (13)$$

### 3.5 优化模型求解

由上可知，该优化模型可表述为：

$$(C_{\min}, P_{\min}) = F\{t_b, U_k(t), I_k(t)\} \quad (14)$$

由于该函数等式具有多目标、非线性特点特点，NSGA-II 算法是在传统 NSGA 基础之上进行改进：提出了快速非支配排序法，降低了算法的计算复杂度；提出了拥挤度和拥挤度比较算子<sup>[14]</sup>，代替了需要指定共享半径的适应度共享策略，并在快速排序后的同级比较中作为胜出标准，使准 Pareto 域中的个体能扩展到整个 Pareto 域，并均匀分布，保持了种群的多样性；引入精英策略，扩大采样空间。本文采用 NSGA-II 去解决文中出现的多目标优化问题。

NSGA-II 算法的基本思想是：首先，随机产生规模为  $N$  的初始种群，非支配排序后通过遗传算法的选择、交叉、

变异三个基本操作得到第一代子代种群; 其次, 从第二代开始, 将父代种群与子代种群合并, 进行快速非支配排序, 同时对每个非支配层中的个体进行拥挤度计算, 根据非支配关系以及个体的拥挤度选取合适的个体组成新的父代种群; 最后, 通过遗传算法的基本操作产生新的子代种群, 依此类推, 直到满足程序结束的条件。

该算法具体流程如图 3。

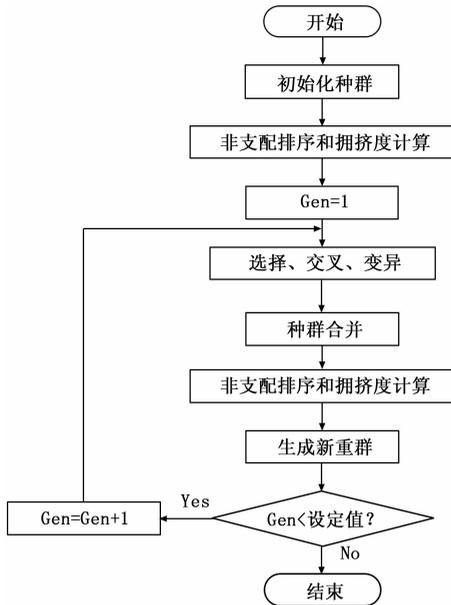


图 3 NSGA-II 算法流程图

该模型计算步骤如下:

1) 计算光伏发电输出功率。根据太阳能发电历史数据、太阳能电池板倾角、太阳能电池板的面积、太阳能日辐射量等因素<sup>[15]</sup>, 计算得到未来 24 h 内每时刻光伏系统输出功率  $P_s(t)$ 。

2) 计算蓄电池组充放电功率。在式 (12) 约束条件下得到每时刻蓄电池组充放电功率  $P_B(t)$ 。

3) 计算该太阳能充电站从配电网购电功率。根据能量守恒定理, 在式 (13) 约束条件下, 求出每时刻系统从配电网购电功率。

4) 获得风电系统和火电系统输出功率, 并乘相应损耗系数, 得到  $P_f(t)$ 、 $P_w(t)$ 。

5) 计算目标函数。购电费用, 根据购得电量和火电系统以及风电系统分时电价, 综合考虑购买哪一种能量形式, 或者二者综合; 蓄电池组充电功率, 在求得费用最低, 而且蓄电池组生产厂商规定最佳充电电压和电流范围内, 计算电池充电功率。

具体计算流程如图 4 所示。

这里给出 NSGA-II 算法主函数部分代码如图 5 所示。

## 4 案例分析

### 4.1 相关数据

该案例中站内光伏额定功率为 150 kW, 铅酸蓄电池额

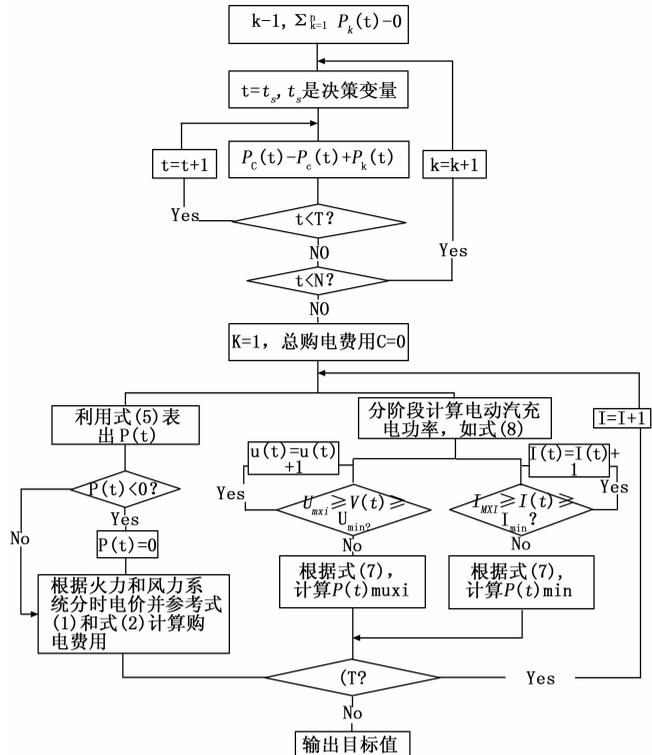


图 4 NSGA-II 优化模型求解流程图

```

1 function NSGA2_optimization
2 pop = 800; %种群数量
3 gen = 800; %迭代次数
4 M = 2; %目标函数数量
5 C = 1; %
6 [min_range = zeros(1, V);
7 max_range = ones(1, V);
8 0
9
10 chromosome = initialize_variables(pop, M, V, min_range, max_range);
11 chromosome = non_dominant_sort_mod(chromosome, M, V);
12 %对初始化种群进行非支配快速排序和拥挤度计算
13 for i = 1 : gen
14 pool = rand(pop/C) * round(C); 即舍入取整 支配池大小
15 tour = 2; %精英数 精英选手个数
16 parent_chromosome = tournament_selection(chromosome, pool, tour); %精英选择适合繁殖的父代
17 mu = 20; %交叉和变异算法的分布指数
18 num = 20;
19 offspring_chromosome = genetic_operator(parent_chromosome, M, V, mu, min_range, max_range);
20 %进行交叉变异产生子代 该代码中使用模拟二进制交叉和多项式变异 采用实数编码
21 [min_pop, I] = size(chromosome); %父代种群的大小
22 [offspring_pop, J] = size(offspring_chromosome); %子代种群的大小
23
24 clear temp
25 intermediate_chromosome([min_pop, J]) = chromosome;
26 intermediate_chromosome([min_pop + 1 : min_pop + offspring_pop, J]) = offspring_chromosome;
27 %合并父代种群和子代种群
28 intermediate_chromosome = non_dominant_sort_mod(intermediate_chromosome, M, V);
29 %按拥挤度进行快速非支配排序
30 chromosome = replace_chromosome(intermediate_chromosome, M, V, pop);
31 %按非支配种群和拥挤度方式对个体组成新种群
    
```

图 5 NSGA-II 算法主函数部分代码

定容量为 200, 放电深度为 0.8。

光伏充电站内有 10 台充电桩, 每台充电桩额定功率为 10 kW, 车载锂电池额定容量为 100 Ah, 额定电压为 250 V。由于充电站为单位所用, 故该站内车辆基本到达时间为 8:00, 离开时间为下午 18:00, 统计其行为规律绘制如图 6; 由于车辆自身需求电量不同, 每日光伏发电功率也不相同, 因此统计该样本充电需求绘制如图 7, 为后续进行模型求解。

充电站从火力发电系统购电, 按负荷的峰值特性将 24 h 的电价分为如表 1 三个阶段<sup>[16]</sup>。

表 1 火电系统分时电价图

时段	购电电价/[元·(kW·h)]
平时段:(12:00—17:00,21:00—00:00)	0.687
峰时段:(08:00—12:00,17:00—21:00)	0.869
谷时段:(00:00—08:00)	0.365

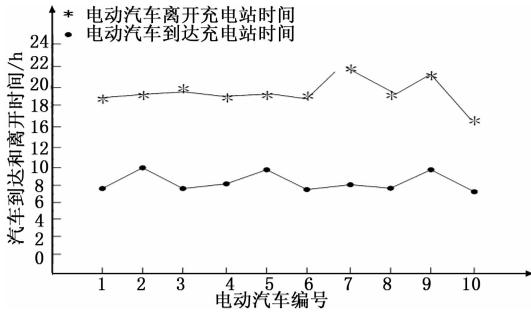


图 6 电动汽车行为规律

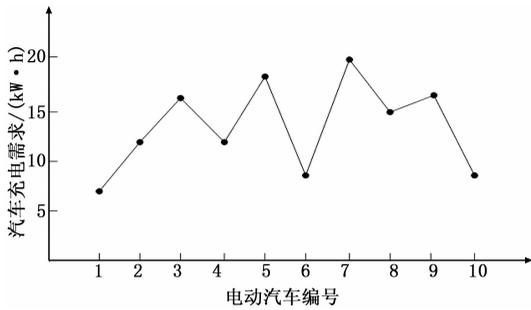


图 7 电动汽车充电需求样本

充电站从风电系统购电，按负荷峰值特性将 24 h 划分为如表 2 几个阶段<sup>[17]</sup>，这里以甘肃酒泉地区为例。

表 2 风电系统分时电价图

时段	购电电价/[元·(kW·h)]
平时段:(7:00-8:00,11:30-15:00,16:00-18:30,22:00-23:00)	0.54
峰时段:(08:00-11:30,15:00-16:00,18:30-22:00)	0.915
谷时段:(23:00-07:00)	0.387

### 4.2 结果分析

在此案例基础上，运用 NSGA-II 算法，带入相应决策变量、约束条件、目标函数等相关参数，利用 Matlab 软件，得到 Pareto 最优解。NSGA-II 算法参数设置<sup>[18-19]</sup>如下：种群数量为 800，最大迭代次数为 800，交叉率为 0.9，变异率为 0.1。由于光照强度的不同、蓄电池充电方式的不同（二阶段充电法，预定阈值的设定），因此本文设计了如下四种充电方案，用来对两个目标函数进行优化，方法如下（以下方案均是指蓄电池的二阶段充电）：

1) 光照强的情况下，恒流充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电流范围中的最大值充电，恒压充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电压范围最小值充电，结果如图 8。

2) 光照强的情况下，恒流充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电流范围中的最小值充电，恒压充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电压范围最小值充电，结果如图 9。

3) 光照弱的情况下，恒流充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电流范围中的最大值充电，恒压充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电压范围最小值充电，结果如图 10。

4) 光照弱的情况下，恒流充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电流范围中的最小值充电，恒压充电阶段是以生产厂商规定的最佳充电电压范围最小值充电，结果如图 11。

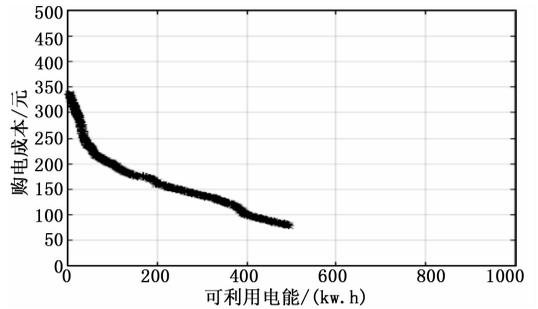


图 8 光照强的情况下，方案一充电方式中购电成本与可利用电能之间关系

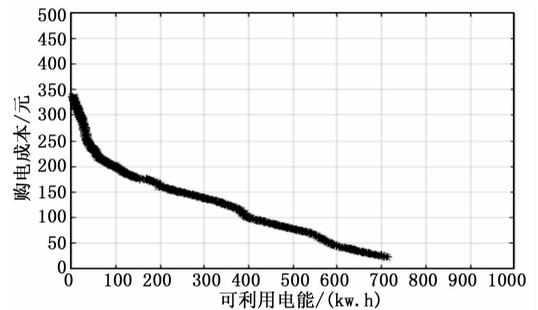


图 9 光照强的情况下，方案二充电方式中购电成本与可利用电能之间关系

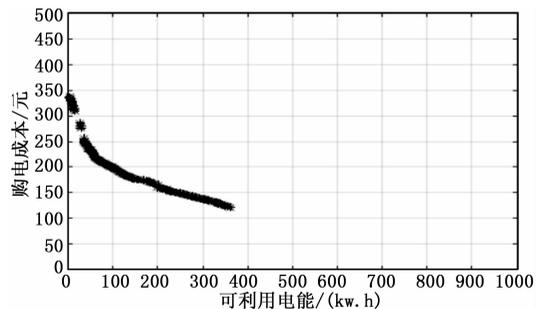


图 10 光照弱的情况下，方案三充电方式中购电成本与可利用电能之间关系

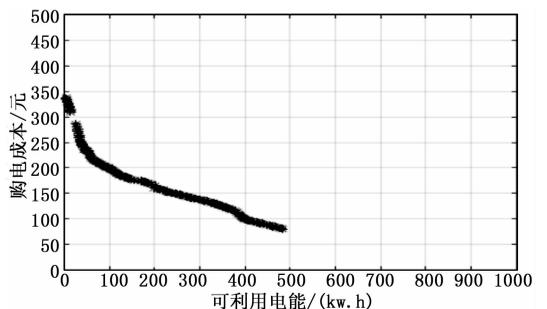


图 11 光照弱的情况下，方案四充电方式中购电成本与可利用电能之间关系

综上所述，当光照强的情况下，可利用电量增加，购

电成本降低;蓄电池可利用电量增加,购电成本降低。光照较强时,方案一相对于方案二,购电成本略高,可利用电量几乎相当,此时推荐方案二充电方式;光照较弱时,方案三相对于方案四,购电成本略高,可利用电量基本相当,此时推荐方案四充电方式。

## 5 结论

本文在研究太阳能电动汽车充电站基础之上,讨论该系统接入火电、风电充电系统的整体运营策略。通过 Matlab 软件,基于 NSGA-II 算法,获得该充电站的调度方案。充分考虑了该充电站运营成本和蓄电池损耗因素等问题,在优化蓄电池充电功率基础之上,如何使得该蓄电池尽量减少过流充电现象。建立了集光、风、火一体充电桩运营优化模型,并求解了系统 Pareto 最优解,为后续设计多种电力资源的运营管理问题提供了一条参考途径。

### 参考文献:

- [1] 文霞,赵天阳,邱威,等.规模化EV充电与风力/火电发电系统协调运行[J].电工技术学报,2013,(5):49-57.
- [2] 张伯泉,杨宜民.风力和太阳能光伏发电现状及发展趋势[J].中国电力,2006,(6):65-69.
- [3] 王鹤,杨宏,王雪冬,等.延长阀控密封铅酸蓄电池寿命研究——过充电保护与温度补偿特性[J].电源技术,2001,25(3):206-207.
- [4] 罗林洁.太阳能充电站远程监控系统的设计与实现[D].西安:西安理工大学,2017.
- [5] 2017-2023年中国风力发电市场评估与资战略咨询报告[EB/OL]. Available: <http://www.chyxx.com/research/201709/562782.html>,2017.
- [6] 禹威威,刘世林,陈其工,等.考虑电动汽车充电和需求侧响应的光伏微电网多目标优化调度[J].电力系统及其自动化学报,2018(1):88-97.

(上接第173页)

减少。并借助HTML5及MSE技术,实现了全平台浏览器无插件地播放加密监控视频。这种视频监控加密系统在安防领域有广泛的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 居然.数字时代隐私和监控的双重困境:组织传播在Web2.0时代下的思考[J].浙江大学学报(人文社会科学版),2015,45(5):191-199.
- [2] 罗军舟,杨明,凌振,等.网络空间安全体系与关键技术[J].中国科学:信息科学,2016,46(8):939-968.
- [3] Chu D, Jiang C, Hao Z, et al. The design and implementation of video surveillance system based on H.264, SIP, RTP/RTCP and RTSP [A]. Computational Intelligence and Design (ISCID), 2013 Sixth International Symposium on [C]. IEEE, 2013, 2: 39-43.
- [4] 刘奇旭,温涛,闻观行. Flash跨站脚本漏洞挖掘技术研究[J]. 计算机研究与发展, 2014, 51(7): 1624-1632.

- [7] 侯聪玲,吴捷,李金鹏,等.蓄电池充电方法的研究[J].电源技术应用,2004(2):118-121.
- [8] 范红军,杨中书,董恩庆.蓄电池充电速度影响因素分析及快充方法研究[J].电源技术,2014,38(4):728-730.
- [9] 路欣怡,刘念,陈征,等.电动汽车光伏充电站的多目标优化调度方法[J].电工技术学报,2014,29(8):46-56.
- [10] Taylor J, Maitra A, Alexander M, et al. Evaluation of the impact of plug-in electric vehicle loading on distribution system operations [A]. Proceedings of IEEE Power & Energy Society General Meeting [C]. July26-30, 2009, Calgary, Canada; 6p.
- [11] 田立亭,史双龙,贾卓.电动汽车充电功率需求的统计学建模方法[J].电网技术,2010,324(11):126-130.
- [12] 唐现刚,刘俊勇,刘友波,等.基于计算几何方法的电动汽车充电站规划[J].电力系统自动化,2012,36(8):24-30.
- [13] 孙建龙,吴锁平,陈燕超.基于改进NSGA2算法的配电网分布式电源优化配置[J].电力建设,2014,35(2):86-90.
- [14] 张志刚,马光文.基于NSGA-II算法的多目标水火电站群优化调度模型研究[J].水力发电学报,2010,29(1):213-218.
- [15] 李潇潇,赵争鸣,田春宁,等.基于统计分析的光伏并网发电系统最佳倾角的计算与实验研究[J].电气技术,2012(8):1-6.
- [16] 北京市电网峰谷分时销售电价表(夏季)[EB/OL]. <http://www.bjpc.gov.cn/tztg/200911/P02-0091121010684247161.xls>,2011.
- [17] 肖创英,汪宁渤,陟晶,等.甘肃酒泉风电出力特性分析[J].电力系统自动化,2010,34(17):64-67.
- [18] 张学清,梁军,张利,等.计及风光电源的一种地区电网电动汽车充电调度方法[J].电工技术学报,2013,28(2):28-35.
- [19] 吕耀文.蓄电池充电方法的研究[J].内蒙古科技与经济,2009(2):96-96.

- [5] Perakakis E, Ghinea G. HTML5 technologies for effective cross-platform interactive/smart TV advertising [J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2015, 45(4): 534-539.
- [6] Pantos R, May W. HTTP live streaming [R]. Cupertino, California Apple Inc, 2017.
- [7] Patil P, Narayankar P, Narayan DG, et al. A comprehensive evaluation of cryptographic algorithms: DES, 3DES, AES, RSA and Blowfish [J]. Procedia Computer Science, 2016, 78: 617-624.
- [8] 李志昂. HLS流媒体服务器的设计与实现[D].北京:北京邮电大学,2014.
- [9] 王健,李昶,韩磊,等.基于桌面云的计算资源控制保护方案[J].信息网络安全,2018(2):27-33.
- [10] 窦银亮.基于HTML5的实时流播放技术在视频监控系统中应用[D].杭州:浙江工业大学,2016.
- [11] 陈鹏炜.基于负载均衡与缓存技术的实名鉴权系统设计与实现[D].成都:电子科技大学,2017.