

# Research on the Operation Strategy of the Photovoltaic Charging Station of Electric Vehicle Based on V2G Technology

Yuan An, Songkai Wang<sup>\*</sup>, Qian Wei, Hao Wang, Hang Ding

Institute of Water Resources and Hydroelectric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, China

## Email address:

407097615@qq.com (Yuan An), sk\_wang716@163.com (Songkai Wang)

<sup>\*</sup>Corresponding author

## To cite this article:

Yuan An, Songkai Wang, Qian Wei, Hao Wang, Hang Ding. Research on the Operation Strategy of the Photovoltaic Charging Station of Electric Vehicle Based on V2G Technology. *Science Discovery*. Vol. 4, No. 6, 2016, pp. 365-369. doi: 10.11648/j.sd.20160406.13

Received: October 29, 2016; Accepted: November 22, 2016; Published: November 24, 2016

**Abstract:** In order to meet the increasing demand for electric vehicle charging, and to make more efficient use of photovoltaic power generation, this paper analyzes the operation strategy of the photovoltaic charging station of electric vehicle based on V2G (Vehicle-to-Grid) technology. On the basis of the analysis of the electric vehicle driving habits and the TOU (Time-of-Use) price, the operation strategy of the electric vehicle photovoltaic charging station in different weather is analyzed by an example, and it is verified that the photovoltaic charging station has a certain supporting function to the power peak.

**Keywords:** Electric Vehicle, Photovoltaic Charging, Vehicle-to-Grid

## 基于V2G技术的电动汽车光伏电站运行策略研究

安源, 王颂凯<sup>\*</sup>, 魏倩, 王浩, 丁航

水利水电学院, 西安理工大学, 陕西西安, 中国

## 邮箱

407097615@qq.com (安源), sk\_wang716@163.com (王颂凯)

**摘要:** 为应对与日俱增的电动汽车充电需求, 同时对光伏发电进行更有效的利用, 本文对基于车网互联(V2G)技术的电动汽车光伏发电充电站进行运行策略分析。在对电动汽车行驶习惯及分时电价的分析基础上, 通过算例对电动汽车光伏充电站在不同天气下的运行策略进行分析研究, 验证了电动汽车光伏充电站对用电高峰期具备一定支撑作用。

**关键词:** 电动汽车, 光伏充电, 车网互联

## 1. 引言

近年来, 国内多地区雾霾天气频现, 威胁到人们的身体健康, 汽车尾气造成的污染日益突出, 已经成为我们不可忽视和亟待解决的问题。面对能源和环境问题的双重压

力, 电动汽车以其良好的节能、环保特性, 成为各国大力支持和发展以走出困境的途径之一[1]。

随着电动汽车在世界各国的广泛发展, 充电基础设施的规划与建设问题已得到我国政府的更多关注。目前我国电力系统发电侧的一次能源仍以煤炭为主(约占75%~80%), 电动汽车通过充电基础设施直接接入电网充电, 实际所产生的间接碳排放量相比传统燃油汽车并不占明

显优势，并且难以减轻对化石燃料的依赖。这种情况下，要实现真正意义上的低碳，存在两种方式[2]：一是大力发展可再生能源发电系统，协同调度电网中电动汽车充电和可再生能源发电，提高电网对可再生能源的消纳能力；二是直接建立充放电设施与分布式可再生能源发电系统的关联，实现可再生能源的就地消纳利用。从当前的发展情况来看，调整电网的一次能源结构是非常困难的，通过可再生能源与电动汽车的就地集成，可以有效提高可再生能源利用率，降低碳排放量。在城市环境下，含有光伏发电的电动汽车充电站是实现就地集成的典型方式，国内外多地都已开展了相关的示范工程建设。

随着未来电动汽车的普及，电动汽车将大规模接入电网充电，对电力系统的运行与规划产生不可忽视的影响，尤其会导致负荷的增长，特别是在负荷高峰时，电动汽车充电会加重电网的负担。然而，随着车网互联（Vehicle-to-Grid, V2G）概念的提出，这些问题可能会得到缓解。即电动汽车在停驶时输出其剩余的电能，通过一定的连接装置向电网回送功率。

目前，针对光伏电站或类似系统的研究，主要集中在容量配置等方面。文献[3]以降低系统运行投资为目标，考虑到汽车电池的梯次利用，对光伏换电站的容量配置进行优化。文献[4]以降低系统运行投资为目标，对含有风、光互补发电的换电站容量配置进行优化。文献[5]为满足充电负荷需求，采用“馈电转移（feed-in shift）”方法对风、光、水三种可再生能源发电进行综合优化配置，以风、光为主，水电协调使用的方式，共同为电动汽车充电。

在上述背景下，本文提出一种并网型电动汽车光伏电站系统结构，利用V2G技术对其运行策略进行分析，并从调度角度出发，以某光伏电站为例对电动汽车加入后光伏电站出力情况影响进行仿真分析。

2. 电动汽车充电模式分析

为适用于不同种类汽车的充电需求，电动汽车充点模式一般分为慢速充电、常规充电及快速充电。其区别如表1所示。

表1 电动汽车不同充电模式比较。

充电模式	额定电压/V	额定电流/A	使用场所
慢速充电	单相220	16	家用
	单相220	32	
常规充电	三相380	32	商场、停车场等
	三相380	63	
快速充电	600	300	高速路服务区、充电站等
慢速充电	单相220	16	家用

由于公交车运营时间、地点相对集中，可以在现有停车场建设充电设施进行集中充电。在白天运营时段内，公交车难以长时间停留，进行快速充电。在夜间停运时段进行常规充电。

出租车可在午间休息是采取快速充电，在夜间停运是进行常规充电。

家用车使用时间短，可充电时间相对较长，可采取慢速充电或常规充电。

3. 基于V2G技术的电动汽车光伏电站结构与运行策略

3.1. 电动汽车光伏电站结构

V2G概念在1995年由学者Amory Letendre首先提出，美国特拉华大学的Willett Kempton教授对其概念进行了进一步的发展和研究[6]。V2G的核心思想是将电动汽车作为移动式储能装置，在电网负荷低谷时充电，避免电力系统多产电量的浪费；在电网负荷急增或者可再生能源供电不稳定时作为备用电源向电网供电，分担电网负荷压力。V2G的主要作用可以归纳如下：

- (1) 利用电动汽车的储能功能，在用电高峰时，向电网补充功率；在用电低谷时，从电网吸收功率，实现“削峰填谷”的作用，维持电网功率平衡。
- (2) 电动汽车一般在负荷低谷时以较低的电价充电，到了负荷高峰时又以较高的电价放电，电动汽车车主可以从中盈利，用于补偿购买电动汽车的购置和维护成本，有利于增长电动汽车接入电网的积极性。
- (3) 风机、光伏电池等可再生能源发电受天气的影响明显，其发电具有间歇性和波动性。电动汽车在风光发电机组发电时储存富余的电能，在风光发电机组出力不足时及时补充所需能量，可大大提高含风光发电机组电网的供电可靠性及稳定性。
- (4) V2G利用现成的电动汽车供电，减少了对新增发电机组的投资建设成本，降低了电力系统的运行成本，减少了污染物排放。

电动汽车光伏电站顾名思义，就是与传统电动汽车充电站相比，增加了光伏发电；也是在传统光伏发电的基础上，增加了电动汽车充电站。它们两者的结合，既能实现光伏新能源的就地消纳，又能使电动汽车的电能得到有效补充，是未来电动汽车充电站的一大发展方向。充电站结构设计关系到能量的优化管理和电网的经济运行，是电动汽车光伏电站建设的重要一环[7]。本文所用V2G光伏电站结构示意图如图1所示。

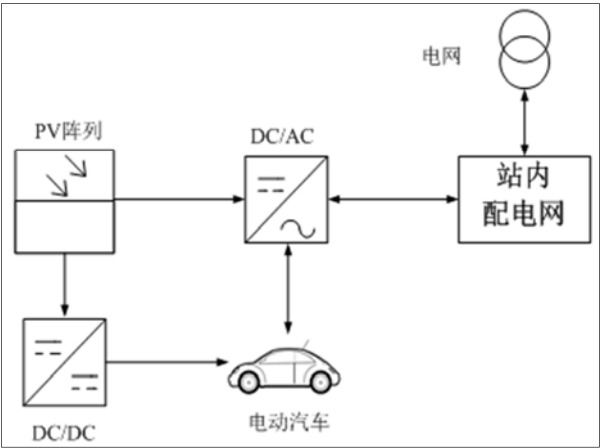


图1 基于V2G技术的电动汽车光伏电站结构。

3. 2. 光伏充电站的运行策略

- (1) 电动汽车充电。在一定的时间周期（如一天）内，有N辆车在不同时段停放在光伏充电站的充电车位上；充电站的电能来源于光伏发电和配电网供电；在停放时间段内由系统根据光伏出力及电价情况优选起始充电时间，通过充电桩对其充电。
- (2) 系统运行费用假定充电站运营商是光伏发电的投资主体，使用过程中不需再另付购电费用。配电网通过AC/DC 变流器向系统供电，采用分时电价（在电网负荷高峰时段电价高，负荷低谷时段电价低）。在电价低谷或光伏出力过剩时对电动汽车进行充电，电价高峰时向电网售电的目标，从而进一步增加电动汽车充电站效益，同时亦可降低车主充电费用，达到互惠互利的目的。

4. 算例分析

以西北某光伏发电系统为研究对象，装机容量为3. 2GW，可供20台汽车同时充电；选取某品牌电动汽车20辆，额定能量60kW·h，最大放电深度为80%。考虑电动汽车行驶规律，结合分时电价[8]，通过对晴天和阴天下光伏电站出力的分析，总结电动汽车加入后对光伏充电站的影响。

据数据显示，大多数乘用车90%以上的时间是处于停放状态[9]，对于家用电动汽车而言，行驶时间一般在早6点-8点，晚6点-7点。其余时间均可在充电站进行充放电，而电网规定的分时电价表2所示，可知电动汽车完全可以满足在电价低谷或光伏出力过剩时对电动汽车进行充电，电价高峰时向电网售电的目标。

表2 峰谷分时电价表。

	高峰时段	低谷时段	平时段
时间	7:30—11:30, 17:00—22:00	22:00—5:00	5:00—7:30, 11:30—17:00
电价	基础电价上浮50%	基础电价降低50%	基础电价

晴天时光伏电站出力较为稳定，且在出力高峰期易存在“弃光”现象[9]，在此时优先使用过剩的光伏电量对电动汽车进行充电，并在用电高峰期将电售给电网。其上网出力如图2所示。

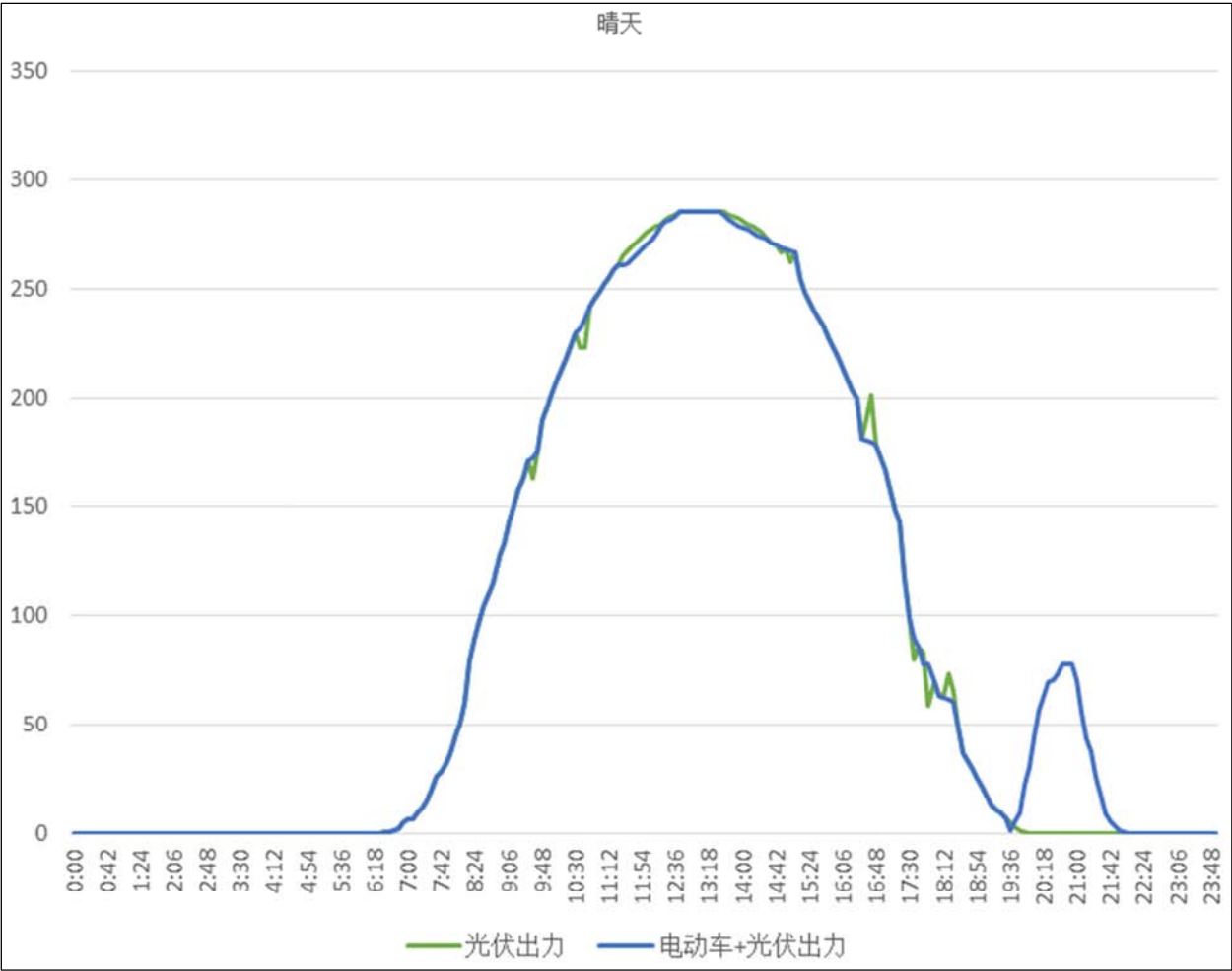


图2 晴天出力。

阴天时光伏出力低且不稳定，当出力不满足给电动汽车充电时，电动汽车需通过配电网在低谷时段或平时段进

行充电，并于用电高峰期向电网供电。雨天出力如图3所示。



图3 阴天出力。

由图可知，在晴天时，光伏发电基本就可满足电动汽车需求，不需要从电网购电；而阴天时，光伏出力无法满足电动汽车充电需求，需要由配电网对电动汽车进行充电。无论晴天或阴天，电动汽车均可在晚上用电高峰时，将电能输送给电网，完全可以改变光伏电站夜间无出力，无法参与电网夜间高峰调度的问题。

针对电池循环充电影响使用寿命问题，虽然电动汽车电池组循环寿命低于很多电动汽车厂商所声称的循环寿命2000次，但是仅以电动车支持电网高峰电力负荷而言，每年参与V2G模式的时间只有几十小时，对电动车的使用影响甚微，而对电动车主和电力企业来说均是有利可图的[10]。

5. 结语

- (1) 可再生能源与电动汽车的就地集成，可以有效提高可再生能源利用率，降低碳排放量，亦可满足逐渐增长的电动汽车充电需求。

- (2) 对不同种类电动汽车充电模式进行分析，针对家用电动车行驶习惯，联合电动汽车光伏充电站，得出家用电动车充电模式。
- (3) 构建基于V2G技术的电动汽车光伏充电站结构，并对其运行策略进行分析。
- (4) 基于分时电价，对晴天和阴天下电动汽车光伏充电站运行充放电行为进行分析，得出通过V2G技术，电动汽车可调节光伏电站出力，并对夜间高峰电力起到一定支撑作用。

参考文献

[1] 中华人民共和国国务院.《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020年）》  
[EB/OL]. [2012-06-28]. [http://www.gov.cn/zwggk/2012-07/09/content\\_2179032.htm](http://www.gov.cn/zwggk/2012-07/09/content_2179032.htm).

[2] 马钧, 年晨宁. 崇明岛2020年电动汽车可再生能源独立电网的构想[J]. 农业装备与车辆工程, 2011(2):1-7。

- [3] 刘念, 唐霄, 段帅, 等. 考虑动力电池梯次利用的光伏换电站容量优化配置方法[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(4):34-44。
- [4] Zhang Yingda, Liu Nian, Zhang Jianhua. Optimum sizing of non-grid-connected power system incorporating battery-exchange stations[C]. 2012 7th International Power Electronics and Motion Control Conference, 2012: 2123-2128.
- [5] H Roth, P Kuhn, B G Neudecker. Sustainable mobility-cost-effective and zero emission integration of Germany's EV fleet [C]. 2009 International Conference on Clean Electrical Power, Capri, 2009: 207-211.
- [6] 吴凯, 程启明, 李明等. 具有V2G功能的电动汽车快速充放电方法[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(2):30-34. DOI:10.3969/j.issn.1006-6047.2014.02.006。
- [7] 任玉珑, 史乐峰, 张谦等. 电动汽车充电站最优分布和规模研究[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14):53-57。
- [8] 徐智威, 胡泽春, 宋永华等. 基于动态分时电价的电动汽车充电站有序充电策略[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(22):3638-3646, 2014. 22. 008。
- [9] 杨赞. 含电动汽车微网的经济调度研究[D]. 浙江工业大学, 2013. DOI:10.7666/d.Y2411768。
- [10] 廖强强, 周国定, 葛红花等. 车网互联(V2G)支持高峰电力的技术经济分析[J]. 中国电力, 2012, 45(4):92-95. DOI:10.3969/j.issn.1004-9649.2012.04.021。