

# 电动汽车充放电优化管理

交通领域消耗了我国约一半的石油资源，同时产生了巨量的温室气体。为应对日益严峻的资源与环境问题，世界各国政府都在积极推广电动汽车（Electrical Vehicle, EV）。除了对其生产及销售采取一系列经济补贴政策之外，禁售燃油车时间表的制定也被包括我国在内的诸多国家提上了议程。

电动汽车的能量主要来源于电网，其大规模发展离不开电力系统的支撑。电动汽车无序充电行为具有随机性强、同时率高等特性，将给配电网带来负荷峰谷差增大、电压下降及损耗增加等挑战。但同时，电动汽车作为移动式储能，在削峰填谷、提供电力系统辅助服务、协同消纳新能源等方面具有广阔的应用前景。

电动汽车与电网互动（Vehicle to Grid, V2G）指通过合理的策略和先进的通讯手段对电动汽车的充放电行为进行优化管理。互动的过程中，存在电网、运营商（充电站）及 EV 用户 3 个利益主体，EV 用户既可以直接与电网进行电能交换，也可以选择运营商的充放电代理服务，三者的关系如图 1 所示。



图 1 电网、运营商和 EV 用户间的关系

请根据题目及附件提供的相关数据，解决如下问题：

## （1）电动汽车充电行为建模：

附件 1 中给出了某城市 100 辆电动汽车一周的充电记录。请分析电动汽车充电行为特征量（充电开始时刻、连接时长和充电电量）的分布规律。并根据电动汽车充电行为的规律，计算规模化电动汽车的年用电量，结果填入附表 1 中，并结合实际情况对所得到的结果进行分析。

## （2）电动汽车无序充电的影响：

电动汽车充电功率主要分为以下三个等级，如表 1 所示。假设采取交流 1 级、交流 2 级、直流充电的电动汽车比例分别为 10%、40% 和 50%，计算 24 小

时 1 万辆电动汽车的充电负荷曲线，请将结果填入附表 2 中。

请分析，不同充电功率等级的比例分别为多少时，既能满足用户的需求（即在充电连接时长内获取预期的充电电量），也能减少设备投资，降低电动汽车无序充电负荷的峰谷差？

表 1 电动汽车充电功率等级

	交流 1 级	交流 2 级	直流
功率 (kW)	1.4-1.9	7.7-25.6	40-100
每台设备成本 (元)	3000	15000	500000

(3) 新能源充电站能量优化管理

新能源充电站利用电网电能及站内新能源为电动汽车提供充电服务，并可将站内新能源的电能反送电网。图 2 所示为一新能源充电站的系统结构。站内设有 8 台充电桩及光伏发电装置，每台充电桩的充电功率在 50kW 范围内可调。

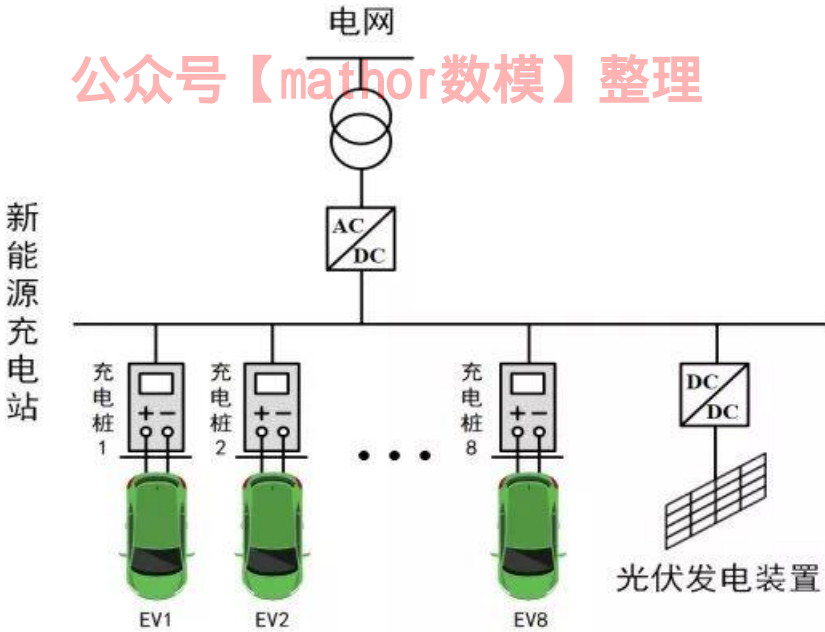


图 2 新能源充电站结构

未来 24 小时新能源充电站向电网售电及从电网购电的电价如附表 3 所示，光伏发电量如附件 2 光伏典型出力所示。假设该充电站为 100 辆电动汽车提供服务，充电电价固定为 1.5 元/kWh。用户未来 24 小时的充电需求如附件 1 电动汽车充电记录所示（可选择一周内任意一天）。充电站利润为其向电网和用户售电收入减去其从电网购电的成本。请在光伏全额利用和允许弃光两种情况下分别计算未来 24 小时充电站的最大利润，并分析所得到的结果。

(4) 配电网中电动汽车充放电行为为优化

EV 停靠在居民区时，往往通过充电桩直接与配电网发生电能交换（即充电或放电），可能导致潮流分布的大幅改变。图 3 给出了某居民区配电网拓扑图，基准功率为 100MVA，基准电压为 12.66 kV，1 节点作为平衡节点，电压设为 1.05（标幺值，以下无特别说明均为标幺值），相角为  $6.8^\circ$ ；各个节点并联电导为 0，电纳为 0.05。要求该配线的节点最低电压不小于 0.96。线路基本参数见附件 3，不同节点各时段基础负荷见附件 4。

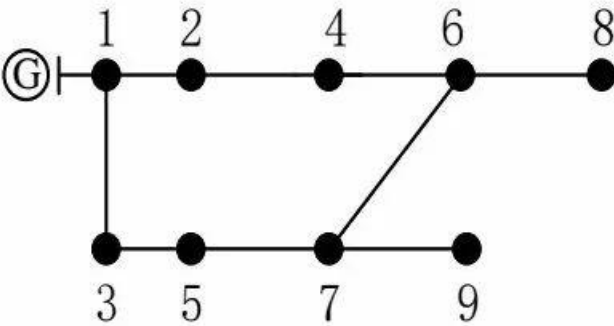


图 3 某居民区的配线拓扑图

不同时段用户充放电电价如附表 4 所示，假设节点 8 接入 5000 辆电动汽车，其中 10% 采用交流 1 级进行充电，90% 采用交流 2 级进行充电，放电功率不超过 5 kW。电动汽车电池容量为 50 kWh，电池荷电状态（SOC）不低于 0.2。请建立优化模型，优化时段为全天 24 小时，以电网有功网损和电动汽车车主总花费最小为目标，给出最优充放电方案。

(5) 通过上述分析，你对电动汽车和电网互动问题有何认识？阐述你的观点和依据。

附表 1 规模化电动汽车的用电量

电动汽车数量	年用电量（kWh）
1 万辆	
8000 万辆	

附表 2 24 小时 1 万辆电动汽车的充电功率

时段	功率（kW）
0:00-0:15	
0:15-0:30	



：	：
23:30-23:45	
23:45-24:00	

附表 3 新能源充电站向电网售电及从电网购电电价

时段	0:00-6:00	6:00-10:00	10:00-14:00	14:00-18:00	18:00-24:00
售电电价 (元/kWh)	0.20	0.40	0.35	0.30	0.45
购电电价 (元/kWh)	0.30	0.75	0.70	0.60	0.80

附表 4 EV 用户充放电电价

时段	充电电价(元/kWh)	放电电价(元/kWh)
0:00-1:00	0.48	0.48
1:00-2:00	0.54	0.54
2:00-3:00	0.6	0.6
3:00-4:00	0.6	0.6
4:00-5:00	0.66	0.67
5:00-6:00	0.72	0.73
6:00-7:00	0.9	0.9
7:00-8:00	0.96	1.08
8:00-9:00	1.02	1.2
9:00-10:00	1.08	1.5
10:00-11:00	1.2	1.8
11:00-12:00	1.26	2.1
12:00-13:00	1.08	1.62
13:00-14:00	0.96	1.26

14:00-15:00	0.78	1.02
15:00-16:00	0.72	0.9
16:00-17:00	0.6	0.6
17:00-18:00	0.6	0.6
18:00-19:00	0.72	0.9
19:00-20:00	0.96	1.32
20:00-21:00	1.2	1.5
21:00-22:00	0.78	1.02
22:00-23:00	0.6	0.72
23:00-24:00	0.6	0.72

## B 题 海南省主要城市商品住宅价格分析

1988 年 4 月 13 日,第七届全国人民代表大会第一次会议通过了关于设立海南省的决定和关于建立海南经济特区的决议。据《中国房地产市场年鉴(1996)》统计,1988 年,海南省商品住宅价格平均为 1350 元每平方米,1993 年达到 7500 元每平方米,之后几年商品住宅价格比较平稳略有小幅回落。2010 年国家发改委批复了《海南国际旅游岛建设发展规划纲要》,海南省商品住宅价格再次迎来飙升,由 6000 多元每平米,涨至 1 万多元每平米。其中,海口由 5000 多元每平米涨至近 9000 元每平米,三亚由 1 万元每平米涨至近 2 万元每平米,飙升一倍。

2018 年 4 月 13 日,海南全岛建设自贸区(港)这一重大政策利好出台后,海口商品住宅价格每天涨幅达每平米 500 元到 1000 元,三亚商品住宅价格一夜之间每平米上涨 3000 元到 8000 元。2018 年 4 月 22 日晚,海南省委、省政府发布了《关于进一步稳定房地产市场的通知》,在已出台限购政策基础上,实施全域限购,被称为“全国最严厉调控措施”。

房地产价格作为房地产业运行的“晴雨表”,不仅是政府宏观调控的重要指标,同时也是社会各界关注的重要民生话题。请根据你们收集到的相关数据,完成以下问题:

1. 请对海南省(主要考虑海口和三亚)商品住宅价格的影响因素进行定性和定量分析,并给出各因素之间的关系。
2. 请根据问题 1 的结果,建立相应的商品住宅价格的数学模型。
3. 若未出台 2018 年 4 月 22 日限购政策,请结合你们的数据和模型按月预测 2018 年 6 月—2019 年 5 月海南省(主要考虑海口和三亚)商品住宅价格。
4. 在 2018 年 4 月 22 日限购政策出台后,请重新建立数学模型,并按月预测 2018 年 6 月—2019 年 5 月海南省(主要考虑海口和三亚)商品住宅价格。
5. 海南自贸区(港)的成立对海南省经济发展有着深远影响,请对照中国主要城市(北京、上海、广州、深圳或香港特区)同期经济发展状况对商品住宅价格的影响,按季度分析海南省(主要考虑海口或三亚)未来 5 年商品住宅价格的波动情况。数据来源可参考如下网站:

网址 1: 海南省人民政府 <http://www.hainan.gov.cn/>

网址 2: 中华人民共和国国家统计局 <http://www.stats.gov.cn/>

网址 3: 中国地价信息服务平台 <http://www.landvalue.com.cn/>

网址 4: 中国房价行情 <http://www.creprice.cn/>