

# 电动汽车无线充电有序管理策略的研究

彭海洋, 郑德圆, 梁贤明, 陈嘉琪, 何培清

北部湾大学, 理学院, 广西 钦州

Email: 3487284605@qq.com

收稿日期: 2021年8月23日; 录用日期: 2021年9月16日; 发布日期: 2021年9月23日

## 摘要

基于无线充电技术发展以及新能源电动汽车的市场扩大的情况下, 本文提出了新能源电动汽车无线充电有序管理策略。首先, 停车场设施模型分为商场模型和社区模型, 提出按充电功率分快慢充及太阳能、风能及空气能等转电能决策。其次, 基于GPS导航技术及5G互联网系统背景下设计出无线充电设施运营策略的智能导航排队运营模式和互联网无人运营模式; 最后, 总结适用于预先停车设施模型的收费方法, 即标准化收费、时段式收费和惩罚式收费三种收费方案, 整体规划出从停车场的设施到收费市场运营的贯彻体系, 提升用户满意度。

## 关键词

电动汽车无线充电, 有序管理策略, 运营模式

# Research on Orderly Management Strategy of Wireless Charging of Electric Vehicles

Haiyang Peng, Deyuan Zheng, Xianming Liang, Jiaqi Chen, Peiqing He

College of Science, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

Email: 3487284605@qq.com

Received: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2021; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 23<sup>rd</sup>, 2021

## Abstract

Based on the development of wireless charging technology and the expansion of the market of new energy electric vehicles, this paper puts forward the orderly management strategy of wireless charging of new energy electric vehicles. Firstly, the parking facility model is divided into shopping mall model and community model. The decision-making of fast and slow charging and conversion of solar energy, wind energy and air energy according to charging power is proposed. Secondly, based on GPS

navigation technology and 5G Internet system, the intelligent navigation queuing operation mode and Internet unmanned operation mode of wireless charging facility operation strategy are designed; Finally, it summarizes the charging methods applicable to the pre parking facility model, that is, three charging schemes: standardized charging, interval charging and punitive charging, and plans the implementation system from the parking facilities to the charging market operation as a whole to improve user satisfaction.

## Keywords

Electric Vehicle Wireless Charging, Orderly Management Strategy, Operation Mode

Copyright © 2021 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

近年来, 电动汽车是一种零排放的新型交通工具, 它大大减少对传统化石燃料的依赖, 契合当今环境保护和新能源开发的世界共识[1], 然而, 在如商场、医院、景区等的公共商业区停车场中, 面对紧张的停车位, 如何规范停车场中的停车秩序, 尽可能满足电动汽车的充电需求, 避免充电停车位的随意占用, 是停车场无线充电设施运营管理所要解决的关键问题。本文针对此问题提出电动汽车无线充电有序管理策略, 在众多场景中缩小化、经典化地提出商场模型和社区模型两种停车场设施计划。5G时代信息采集变得更加便捷[2], 设计出智能导航排队运营模式和互联网无人运营模式, 进一步开发太阳能、风能、空气能以及地热能等自然新能源转电能最终供应无线充电需要的优化方案。最后设置标准化收费、时段式收费和惩罚式收费三种收费方案。因此, 研究电动汽车充电的管理策略, 对于解决车主的充电需求和充电设施的供能能力之间的矛盾, 具有理论和现实意义[3]。

## 2. 无线充电设施有序管理设施模型

### 2.1. 商场停车场无线充电设施模型

对于在机场、火车站、动车站、商场、景区等各模块公共场合, 如何使电动汽车进行无线充电民用普及的同时如何进行统一管理则是一个市场痛点。针对人流车流量较大的商场提出以下有序无线充电设施方案, 停车统一管理的模型, 按照一定的规则实现对多个小模块进行协调管理, 完成复杂问题的分布式模块化管理[4], 如图1, 为了方便充完电后的停车需要与等待充电停车的方便, 不随意泊车造成拥堵, 影响交通便捷, 可设计无充电停车位与充电位并排。应于用户需求, 设置快充的充电位与慢充的充电位, 其中快充车位一个充电桩供应四个车位的无线充电; 如图2慢充由一个充电桩供应八个车位的无线充电, 慢充的充电位合理利用了占地面积资源, 利于集中规划管理。

商场无线充电设施模型属于社会公共开放场所性质, 运营方根据当地充电需求配备相应的快速充电桩和慢速充电桩的比例, 分布散而多, 规模较大, 可供大量的出租车和私家车在商场时进行充电; 快充模式和慢充模式全天开放, 快充模式主要集中在白天, 慢充模式主要集中在前半夜。机场、火车站、动车站等大型车站的充电站也可以采用商场充电模型, 在保证充电安全的前提下设立规模最大, 功率最高的模型, 为了使充电量供应最足够, 进一步开发太阳能、风能、空气能以及地热能等自然新能源转电能最终供应无线充电需要的优化方案。

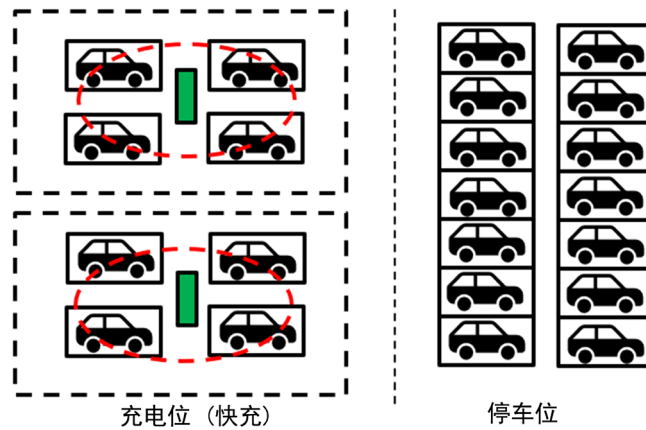


Figure 1. The charging space is side by side with the parking space  
图 1. 充电位与停车位并排

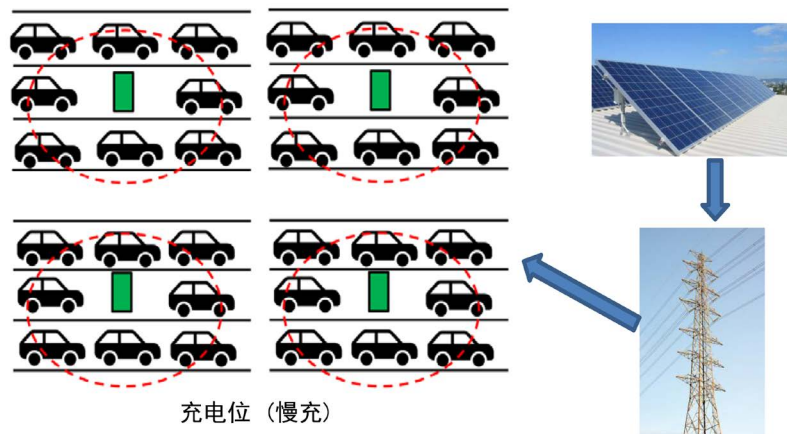


Figure 2. Slow charging level and energy utilization  
图 2. 慢充充电位及能源利用

## 2.2. 居民区停车场无线充电设施模型

随着电动汽车的普及，让有线的充电桩也在增多，虽然在很多的公共场所配备了很多的充电桩，但实际操作与应用等都存在着问题，导致电动汽车市场受阻。居民区存放很多的有线充电桩可能会存在漏电、插头损坏等，下雨天车主也不方便使用，存在安全隐患。为此，我们提出居民区停车场无线充电设施模型，通过合理配置充电设施，可以提高充电设备综合利用效率，从而进一步验证了所提模型的实用性和有效性[5]。推行使用无线充电桩设施方案，进行互联网无接触智能充电。

区别于商场模型，与写字楼、商场、工厂来往，最终回归于小区宅屋的社区模型如上，如图 3，为一对四充电模型，一台无线充电桩可同时供应四辆新能源电动汽车进行充电，既预防了漏电，还可以减少居民在充电站排队充电；如图 4，为一对二充电模型，一台无线充电桩可同时供应两辆新能源电动汽车进行充电单电动汽车车位无线充电，专为私家车设置。

此外，设有环卫车、消防车、救护车、抢险救灾车等公共事业性质的公务车在未执行公务时的专用充电位，通常有充足时间充电，可在停泊时间内采用专用停车场慢充，工作时段按需求选择充电。为了不影响电网的安全性和稳定性。所以，对电动汽车无线充电应用中出现的难题，是进一步需要探究的方向。依据这些差异性可以对不同充电场所进行不同的充电管理，采取相适应的调度策略。

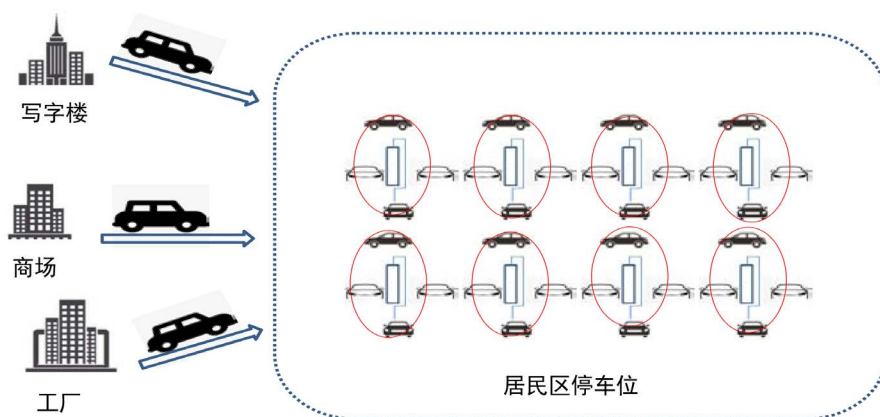


Figure 3. One to four charging model  
图 3. 一对四充电模型

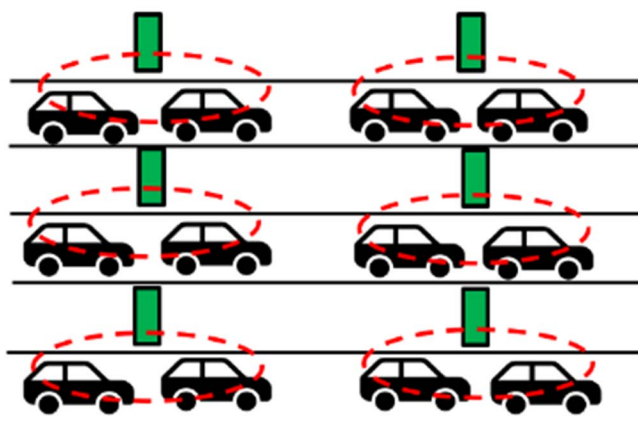


Figure 4. One to two charging model  
图 4. 一对二充电模型

### 3. 无线充电设施运营模式

#### 3.1. 智能导航排队运营模式

为了不在排队充电时造成汽车拥堵,浪费时间,排队程序繁琐,充电车辆效率低下,提出在新能源汽车及普通汽车上安装互联网智能导航排队一体化的解决措施。如图 5,打开汽车排队模式后开始初始化地图数据,依据路径选择模型得到电动汽车从起点到充电站充电后再到终点的最佳导航路径[6],读取停车场停充车位信息。首先,自动识别本车是否为电动汽车,如是普通汽车(不是电动汽车)继而判断是否有仅停放车辆而不充电的空车位,有就就近停车,没有就选择离开。如是电动汽车,继而判断是否有空车位,是否需要充电以及是否有空充电位问题,根据不同实际情况智能判断出来的需求,安排有三种下一步的决策,一是停放进行充电,二是就近选仅停车的空车位停车,三是无法停车,即离开。无论做出什么情况下的决策,最终都是结束此次流程,更新车位信息,便捷下次预测。

此智能导航排队运营模式设备需要对公共停车场内的充电位与停车位信息进行收集,充电位需要统计快充位和慢充位数量,对一定区域内的多个停车场的停车位和充电位信息进行统一管理。智能导航系统标示出不同停车场的充电费、服务费、停车费与服务时间,还包括空闲快充位、慢充位、停车位的数量或是繁忙时段各排队数量的信息。电动汽车无线充电技术可以有效解决传统有线充电带来的不方便、

不灵活、易漏电等不足,已经有了较大发展并逐渐开始应用[7]。它使充电位、停车位得到匹配应用,减少燃油车长期占用充电位的现象。

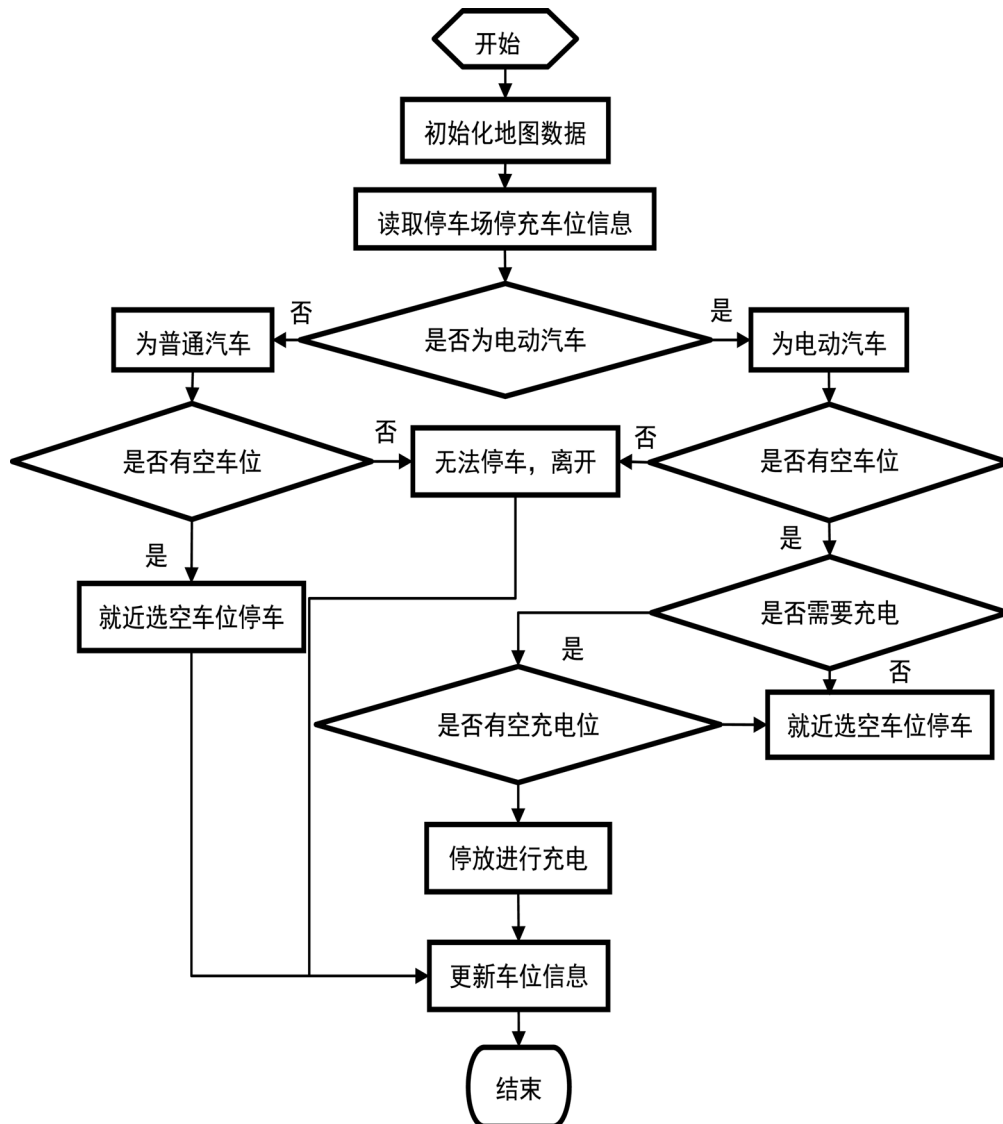


Figure 5. Internet intelligent queuing integration  
图 5. 互联网智能排队一体化

### 3.2. 互联网无人运营模式

基于上文建设了商场充电位模型与社区充电位模型后,无线充电设施运营模式更有为重要,基于5G移动网络时代背景下,提出无线充电平台APP,用户注册后可以在平台在进行以下获取信息功能:如图6,首先,在准备到达目标充电位附近时,打开无线充电平台APP进行GPS定位,进行推荐最少人排队充电车位,减少排队时间,在进行充电时,可在平台在看到电量显示直到充满电量提醒。最后进行提交订单扫码付费,结束订单,离开充电车位。下次再进行充电以此路径循环。此无线充电模式避免了电动汽车充电接头插拔带来的机械磨损;非接触充电,充电过程中不会产生电火花;无须专门充电人员操作,而且简单快捷。

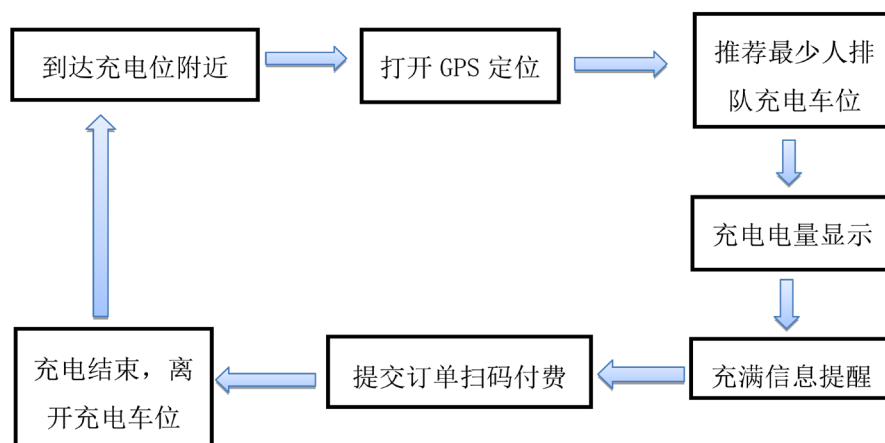


Figure 6. Internet unmanned operation mode  
图 6. 互联网无人运营模式

在整个城市，乃至整个省区运用上无线充电之后，各充电站点进行统一整合管理，公共停车场与公共充电站相似，公共充电站运营方有国家电网、南方电网以及其他能源充电公司，一个运营商往往有多个充电站，而公共停车场由商场负责人等单独个体经营。由于需求侧的充电需求差异性，充电场所的建设规模、配备设施、电压等级、负荷特性也各不相同，所以要重点研究满足需求、规模适当、布局合理、建设统筹的充电站服务新体系[8]。

#### 4. 无线充电位收费策略设置

为了整体规划出从停车场的设施到收费市场运营的贯彻体系，提出了几条有效的、合理的发展策略，以期为推动我国电动汽车产业的健康、持续发展提供一定的帮助[9]，从而获得更高的发电和输电经济性[10]。且根据国网北京市电力公司有关规定设定公共充电桩的充电电价和停车场收费有关规定，推出如下方案。

策略一：标准化收费。运营方根据用户选择在充电位充电或者在无充电位仅停车进行划分，如是在充电位充电，则细分快充和慢充；如是在无充电位仅停车，则细分白天和过夜，具体费价如表 1 所示。

Table 1. Standardized charge  
表 1. 标准化收费

标准化划分	充电方式/停车时长	充电/停车费价
在充电位充电	快充	1.0044 元/度
	慢充	0.6950 元/度
在无充电位仅停车	白天(8:00~21:00)	10 元/小时
	过夜(21:00~8:00)	30 元/一夜

策略二：时段式收费。根据车辆用户日常流动的特点，将停车时长按高峰时段、平常时段和低谷时段进行划分。具体时间段划分及充电费价如表 2 所示。

策略三：惩罚式收费。即对长期占用停车场的汽车，进行必要的价格惩罚，按停放时长进行梯度式涨价，对于占用电动汽车的充电车桩，将收取若干倍停车价格，使停车场的使用规范化和合理化。数据如表 3 所示。

**Table 2.** Interval charging**表 2.** 时段式收费

时间段划分	具体时间段	充电费价
高峰时段	10:00~15:00/18:00~21:00	1.0044 元/度
平常时段	7:00~10:00/15:00~18:00/21:00~23:00	0.6950 元/度
低谷时段	23:00~7:00	0.3946 元/度

**Table 3.** Punitive charge**表 3.** 惩罚式收费

惩罚原因划分	占用充电位不充电的时间	充电费 + 仅停车费
在充电位充电后没有及时离开	≥0.5 小时	1.0044 元/度 + 5 元/小时
占用充电位停车, 不充电	≥1 小时	1.0044 元/度 + 12 元/小时

此外, 对以上三种策略进行完善与鼓励市场对无线充电地下充电发展的大力推进与政策支持, 对环卫车、消防车、救护车、抢险救灾车等公共事业性质的公务车进行绿色充电通道, 基于三种策略前提下, 进行一定的优惠收费方案, 使市场得到进一步发展空间, 为新能源电动汽车和普及无线充电地下充电服务更普及社会, 提升用户满意度。

## 5. 总结

以上全文是为无线充电运营方整体规划出从停车场的设施到收费市场运营的贯彻体系。在本文中分析了运营侧与用户侧的充电需求, 提出商场模型和社区模型, 设计出智能导航排队运营模式和互联网无人运营模式, 进一步开发太阳能、风能、空气能以及地热能等自然新能源转电能最终供应无线充电需要的优化方案。最后设置标准化收费、时段式收费和惩罚式收费三种收费方案。进行多种模型与运营方式及收费方式构建模型数据分析, 未来当更多的电动汽车投入使用, 便可对本文所提出的关于时间与电价的用户响应曲面取得一定的实际数据, 使之更具有实际应用价值, 增加可靠性[11]。在本文中, 只考虑了同一类型的私家车的无线充电控制, 未涉及对多种充电功率标准的不同类型电动汽车的充电控制, 这一点将会是接下来的工作方向。

## 基金项目

2020 年国家级大学生创新创业训练计划立项项目“5G + 新能源汽车 + 无线充电”(项目编号: 202011607008)。

## 参考文献

- [1] 况祥. 电动汽车有线充电和无线充电的管理策略研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2019.
- [2] 丁叶强, 姚学恒, 陈向民, 等. 基于 5G 与实时电价的电动汽车需求侧管理研究[J]. 华电技术, 2021, 43(1): 66-70. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-1951.2021.01.011>
- [3] 梁子航. 电动汽车有序充放电管理策略研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2018.
- [4] 付国忠, 吴昊, 唐源, 等. 基于 Multi-Agent 的电动汽车多目标综合最优充电管理策略[J]. 信息记录材料, 2020, 21(6): 225-227.
- [5] 李如琦, 苏浩益. 基于排队论的电动汽车充电设施优化配置[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(14): 58-61.
- [6] 徐娇. 基于物联网的电动汽车智能充电导航方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [7] 夏晨阳, 赵书泽, 杨颖, 等. 电动汽车无线充电系统研究综述[J]. 广东电力, 2018, 31(11): 3-14.

- 
- <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-290X.2018.011.001>
- [8] 杨延志. 北京地区电动汽车充换电项目设计优化问题研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 华北电力大学, 2014.  
<https://doi.org/10.7666/d.Y2657873>
- [9] 洪飞. 我国电动汽车产业现状与发展策略研究[J]. 橡塑技术与装备, 2016, 42(8): 27-28.  
<https://doi.org/10.13520/j.cnki.rpte.2016.08.008>
- [10] 李秋硕, 肖湘宁, 郭静, 等. 电动汽车有序充电方法研究[J]. 电网技术, 2012, 36(12): 32-38.
- [11] 李昊扬. 基于需求侧响应的电动汽车有序充电研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2012.  
<https://doi.org/10.7666/d.D322658>