

Research on Reasonable Charging Mechanism of Charging Facilities in Public Places

Jintong Han¹, Yizhou Pan¹, Haonan Zhao¹, Hui Li^{2*}

¹Northeast Yucai Foreign Language School, Shenyang Liaoning

²School of Mechanical Engineering and Automation, Northeastern University, Shenyang Liaoning
Email: 453495875@qq.com, *24705928@qq.com

Received: May 7th, 2020; accepted: May 22nd, 2020; published: May 29th, 2020

Abstract

With the rapid spread of electric vehicles, the demand for charging in public places continues to increase. Therefore, it is especially important to establish a reasonable and efficient charging and pricing mechanism, accurately estimate the cost of charging and use, and improve the efficiency of public charging facilities. By analyzing the changes in the number of public charging facilities in recent years, the key factors affecting the impact are population density and traffic congestion, and predicting future conditions. In the pricing mechanism, the mark cost pricing method is adopted, and the intersection ordinate of the demand line and the marginal congestion cost line is taken as a reasonable price. Using the marginal cost pricing method, the price of some of the public charging places and small public charging places are calculated. Therefore, the interlaced dot-domain layout has a good effect in reducing the use cost and improving the use efficiency. Finally, the advantages and disadvantages of the model are analyzed, and the model can be extended to other public product areas.

Keywords

Public Charging, Marginal Cost, Interlaced Point Domain, Layout

公共场合充电设施合理收费机制的研究

韩锦桐¹, 潘易周¹, 赵浩男¹, 李 晖^{2*}

¹东北育才外国语学校, 辽宁 沈阳

²东北大学机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳
Email: 453495875@qq.com, *24705928@qq.com

*通讯作者。

收稿日期：2020年5月7日；录用日期：2020年5月22日；发布日期：2020年5月29日

摘要

随着电动汽车的迅速发展，公共场所的充电需求不断增加。因此，建立合理高效的收费定价机制，准确估算收费和使用成本，提高公共收费设施的使用效率就显得尤为重要。本文分析了近年来充电设施公共收费设施数量的变化，得出影响公共收费设施数量变化的关键因素是人口密度和交通拥堵，并预测未来会对此项收费带来影响的其他因素。在定价机制上，采用了标记成本定价法，以需求线与边际拥挤成本线的交点坐标为合理价格。在充电站的规划布局中，选取某一地区进行研究，其中的交错点域分布式布局在降低使用成本、提高使用效率方面具有良好的效果。

关键词

公共收费，边际成本，交错点域，布局

Copyright © 2020 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

随着电动汽车的迅速普及，及时充电已成为一大难题。因此，许多公共场所最近都进行了翻新改造。但是在牵涉到公共场所充电收费时，出现了以下三个问题：一是什么样的产品是公共收费设施，二是谁来进行公共收费，三是这些服务如何收费和定价。如今世界各地的公共场所大都遇到了同样的问题，要完善解决这一困局，必须建立高效的运维机制，保证最低成本，以达到提高公共收费设施效率的目的。

经济学对公共场所收费问题的研究起步早且系统深入。早在上个世纪 20 年代，Pigou 就提出外部性理论，为公共收费奠定了经济学理论基础[1]。有学者通过仿真建模，从复杂自适应系统的角度分析了不同公共场所收费情况，研究分析了公共场所如交通路网的整体状况及不同收入群体的车辆转移情况，采用动态收费模式，并加强公交系统建设，以达到改善公共设施的使用效率问题[2]。

本文对公共场合充电设施合理收费进行了研究。首先对公共场合充电设施合理收费模型做了以下假设：公共场所的充电资源只讨论电动汽车的充电问题，不考虑人为因素造成的设施损坏成本，需求和价格的变化模式符合正常的市场经济标准，并且不考虑充电需求的激增。进而研究了公共场合充电设施收费机制的演变过程，建立了成本估算模型，由此确定了需要支付的成本类型和支付方式，完成了不同类型的公共场所的模型解决方案，并制定有效的方法以降低公共场所使用收费资源的成本。

2. 公共场合充电设施合理收费影响因素

在电动汽车数量持续增加的情况下，用电需求随之快速增长，为了满足这种激增的需求，有必要对公共场所的充电设施建设提出更高的要求，即在保证充电设施的建设数量的同时，又要在不浪费资源的情况下满足充电设施的合理分布。针对未来公共充电设施需求的变化，考虑人口密度和电动车数量等关键因素，可以推断未来社会充电设施数量将继续增加。当然随着充电设施的增多，电动汽车的使用效率会逐步提高，交通拥堵问题也会得到一定程度的改善。

目前电动汽车主要在一二线城市推广,相应的充电设施也在这一领域,而一二线城市空间有限,难以取得合适的土地资源;充电桩建设在进小区的时候,可能将面临物业的阻挠,给运营商增加了额外的费用负担。其次充电接口新国标虽已发布,但现有车桩同步升级还需进一步明确。再者人口密度是影响公共充电设施比如充电桩数量迅速增加的一个重要因素[3]。充电设施主要集中在交通拥堵地区,较少分布在交通畅通地区,道路交通拥堵也是影响充电设施数量快速增加的一个因素。此外在我国很多地区充电设施地方保护出现苗头:指定结算、指定检测、补贴与充电运营商备案等,这些都是充电设施合理收费带来许多要考虑的额外因素。

3. 公共场合充电设施合理收费成本评估模型

3.1. 公共场合充电设施合理收费成本评估方法

公共场合充电设施合理收费成本生成路径分为两部分,第一部分是根据用户的需求建造充电设施所产生的费用,其次即为充电设施的维护费用。为了便于成本估算,作如下阐述:基础设施成本(C_1)包括原材料采购成本、雇佣工人成本和设备采购成本;维护成本(C_2)指充电设施完工后,常规成本需要专业人员进行运行维护;耗电成本(C_3)指使用充电设施时的耗电成本。

这里使用短期成本 C' 作为:

$$C' = C_1 \quad (1)$$

长期成本 A 为:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (2)$$

3.2. 公共场合充电设施合理收费支付机制

充电设施建成投入使用后会产生各种费用,而且随着时间的推移,这种趋势会更加明显。这里需要运用公共经济学的知识[4] [5] [6] [7]来要弄清谁来为此负责。

首先,要明确公共收费设施属于什么样的公共物品。本文所研究的充电设施是具有竞争力的非排他性产品,即人数的增加会导致资源利用效率的降低,但不存在与其他公共资源竞争的问题。第二,要明确提供公共收费服务的部门不是政府,而是公共部门。因为政府提供的公共产品是纯公共产品,而公用事业提供的是准公共产品,既有公共产品的特性,又有私人产品的特性,因此,不可能要求政府承担一切费用。由于政府投入大量资金建设公共收费设施,可以通过税收为公用事业增加一定的公共收入,又可解决公共设施的拥堵问题,从而提高充电设施的使用效率。

通过以上分析,提出了一种全新的支付机制,引入常数 K 来定义是否支付,如图 1 所示。当充电设施的使用人数小于 K 时,充电桩的使用效率随着使用人数的增加而保持在一个良好的水平,公用事业部门要承担一系列的费用。当充电设施的使用人数大于 K 时,随着使用人数的进一步增加,充电设施的使用效率也逐渐降低。此时,如果这些费用仍由公用事业单位承担,将加剧使用充电设施的拥堵现象。因此,有必要通过征税等方式向充电设施用户收取一定的费用,从而缓解这种拥堵状况。上述过程的数学表示为:

$$P = \begin{cases} P_A, R \leq K \\ P_A + P_B, R > K \end{cases} \quad (3)$$

其中, P 表示需要总费用, P_A 表示公众公用事业部门需要支付, P_B 表示用户需要支付的费用, R 指示使用的总人数。

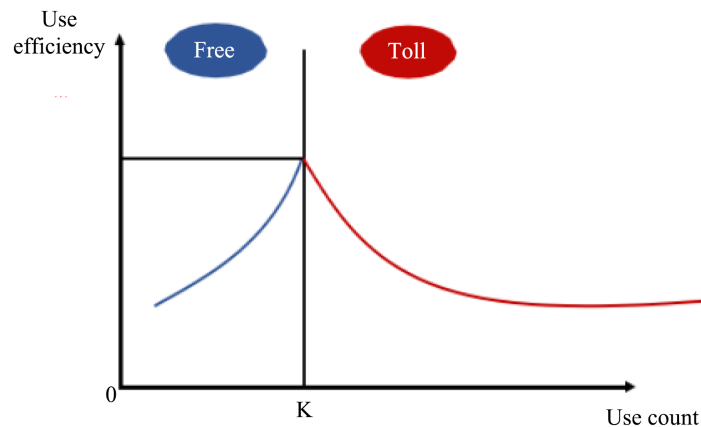


Figure 1. Charging pile usage efficiency varies with the number of users
图 1. 充电设施使用效率随用户数量而变化

3.3. 公共场合充电设施合理收费定价政策

公共场合充电设施合理收费定价模型中有两种定价方法，即边际成本定价法和平均成本定价法。由于边际成本定价法所确定的价格较低，可以达到资源配置的最优效率。因此，采用边际成本定价法来确定充电设施的收费定价。这里只给出了充电设施使用“拥堵”情况下的定价方法，即边际生产成本为零，但边际拥挤成本不是零。充电设施的需求情况如图 2 所示，其中 DD 表示需求线， MC 表示边际拥挤成本线。

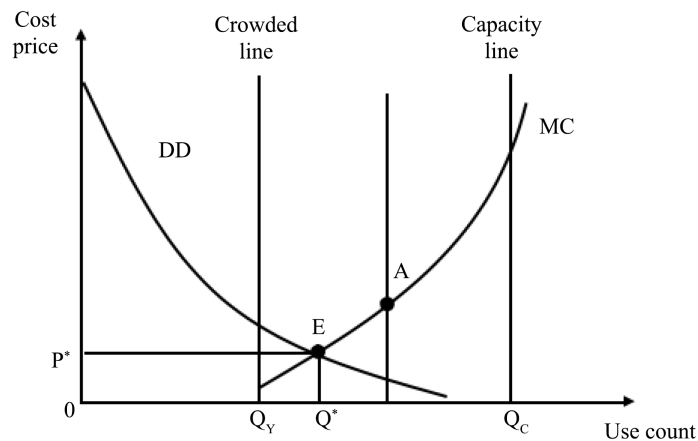


Figure 2. Supply of crowded charging piles
图 2. 拥堵状态下充电设施的边际拥挤成本线示意图

此处拥挤线与需求线相交，这意味着当价格低于该点的坐标时，将产生拥挤。因此，需要确定均衡价格作为边际成本曲线 MC 和需求曲线 DD 的交点 E 的坐标。市场经验证明，该价格能够有效地补偿公共部门建设充电设施的直接固定成本，并优化资源配置。

4. 公共场合充电设施合理收费模型应用举例

4.1. 大型公共场合充电设施收费状况(以某机场为例)

通过分析某机场的客流量和交通流量数据如表 1 所示，结合机场充电设施的分布情况，研究发现充

电设施的用户数量已远远超过收费标准，这是符合前述分析 3.2 节中的 $R > K$ ，此时公用事业部门需要付出一定的成本，同时也需要向用户收费。

Table 1. Operation of charging facilities of large public places as airport
表 1. 大型公共场合(机场)充电设施运行状况

客流量	交通流量	充电设施数目	充电插座
15,000,000 人次/年	60 辆/分钟	15 台	300 个
基础建设成本(万元)	维护费(万元)	电能消耗(万元)	总成本(万元)
2000	50	70	2570

综上所述，可采用以下拥挤机场充电设施工作方式如图 3 所示，读取需求曲线和边际拥挤成本曲线的交点坐标为(400, 85)，可以确定合理定价为 85 元。

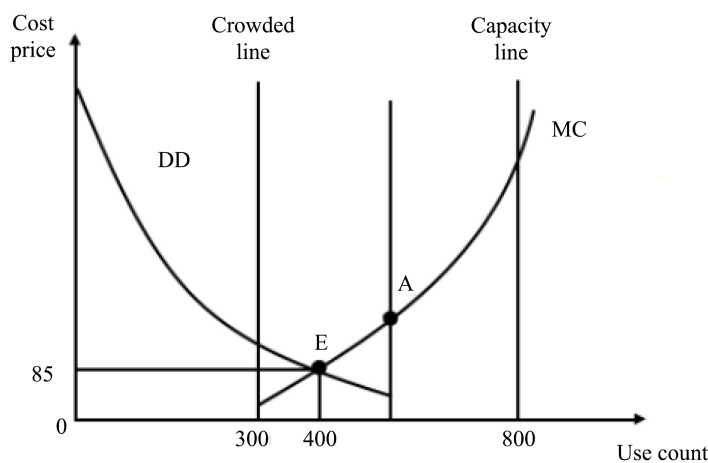


Figure 3. Charging pile supply mode of Airport
图 3. 机场充电设施工作方式

4.2. 小型公共场合充电设施收费状况(以某咖啡馆为例)

通过分析某地区咖啡馆附近的人口密度、交通流量和客流量数据如表 2 所示，结合充电设施的分布情况。由于咖啡馆附近充电站少，充电插座少，可知是一个小型的公共充电场所。该地区人口密度相对较低，交通量低于机场等大型公共场所，收费网点不拥挤，这种场景属于 3.2 节中描述的 $R < K$ 情况。

Table 2. Operation of charging facilities of small public places as cafe
表 2. 小型公共场合(咖啡馆)充电设施运行状况

客流量	交通流量	充电桩数目	充电插座
100,000 人次/年	10 辆/分钟	5	20
基础建设成本(万元)	维护费(万元)	电能消耗(万元)	总成本(万元)
400	12	25	437

但是，这里不能简单的使用 3.3 中所建立的定价机制，需要对模型进行修改来解决这个问题。在这里边际生产成本仍然为零，边际拥挤成本也为零，由此得到如下咖啡厅充电设施工作方式如图 4 所示。

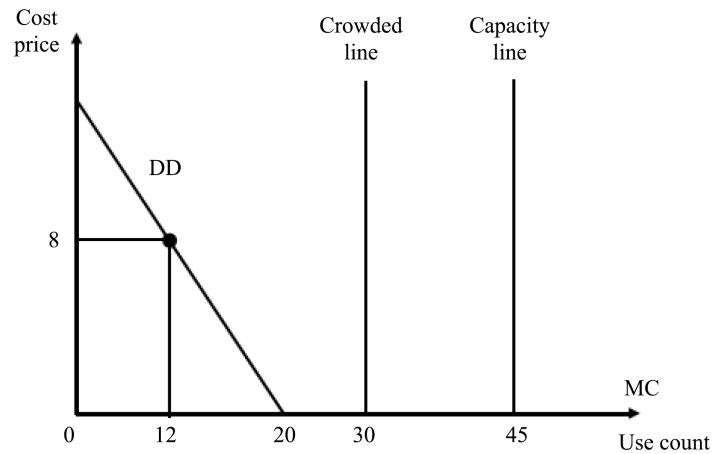


Figure 4. Charging pile supply mode of cafe
图 4. 咖啡馆附近充电设施工作方式

此时咖啡馆附近充电设施的使用成本应由公用事业部门免费提供，可由其他来源用于补偿建设充电桩的直接固定成本，比如税收。

5. 公共场合充电设施合理收费模型程序优化处理

5.1. 公共场合充电设施合理收费模型成本分析

通过前面在前一节中已经建立了合理的充电设施收费机制和定价机制，但无论是公用事业还是用户都需要付出大量的经济成本，因此需要寻找一个切入点，以降低在公共场所使用充电设施的成本。由此设计合理的充电设施分布方案，可提高充电设施的利用效率，从而达到降低能源使用成本的目的。选择某个地区[8]进行研究，得到了相关数据如表 3、表 4 所示。

Table 3. Statistical data of charging facilities in certain area

表 3. 某区域充电设施数据

面积(平方公里)	充电站数目	充电桩数目	用户
800	65	570	19200

Table 4. The specific value of various types of charging facilities

表 4. 与充电设施相关的成本值

成本类型	详细说明	价格(万元)
基础建设成本(C_1)	原材料(充电桩)费用	0.5/套
	雇员薪金	15/天
	租用建筑费用	20/天
维护费用(C_2)	平均运维费用	3.57/周
电能消耗成本(C_3)	平均每日耗电量	12.5/天

选择 30 天的研究周期，其中充电设施建设期为 15 天。做如下如此计算：

$C_1 = 19350$ 万元， $C_2 = 14.28$ 万元， $C_3 = 50$ 万元。

得出总成本 $C = 19,414.28$ 万元。

5.2. 选择最佳方案

给出了三个平行线性、圆形嵌套、交错排列的充电站的规划设计方案如图 5、图 6、图 7 所示。通过对充电设施数量、总成本和使用效率等指标的分析，选择最佳的规划布局。在这里介绍使用效率 η 的概念如下：

$$\eta = \frac{t}{T} \tag{4}$$

其中 t 表示非空闲时间， T 表示总时间。

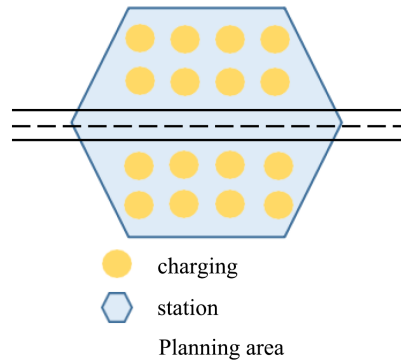


Figure 5. Linear parallel layout of charging stations
图 5. 充电设施线性平行布局

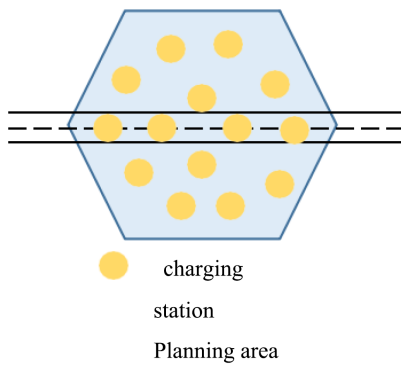


Figure 6. Ring nested layout of charging stations
图 6. 充电设施环形嵌套

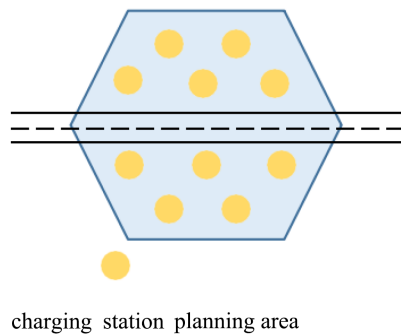


Figure 7. Interlaced dot domain layout of charging stations
图 7. 充电设施交错点域排列布局

对以上三种布局进行成本效益分析, 结果如表 5 所示。

Table 5. The specific value of various types of charging facilities under different layout
表 5. 不同规划布局下充电设施的成本效益

不同规划布局	充电设施	总成本(元)	有效值
1	52	10,089,590	93.21%
2	38	9,136,526	76.80%
3	27	6,917,617	96.79%

通过对三种规划布局的比较, 发现交错分布分布式点域布局能够有效地降低能耗投入, 并且是效率最高的。

6. 结论

通过研究公共场所的充电需求, 建立合理高效的收费定价机制, 准确估算收费和使用成本, 可以显著提高公共收费设施的使用效率。该收费定价机制简单易懂, 边际成本法定价可以实现资源的最优配置, 交错点域分布布局显著提高了使用效率, 节约了大量成本。其缺点就是边际拥挤成本不易估计, 仅适用于非排他性准公共产品。对于未来充电设施收费发展可以借力互联网, 实现收费管理模式再创新。在充电设施建设方面, 利用服务信息平台或大数据平台实现桩-桩合作、车-桩合作、停车位出租等资源共享模式。收费管理方面, 充电运营机构与管理机构互联, 实现多种支付模式的互通。依托小程序还可延伸到其他服务等多方面业务, 未来发展可期。

该公共产品成本估算模型可适用于除充电设施的其他类型的需要面对公共场所设施收费的情况, 仅需对模型稍加修改即可使用。

参考文献

- [1] 阿瑟·塞西尔·庇古. 福利经济学[M]. 金镛, 译. 北京: 华夏出版社, 2017.
- [2] 杨浩雄, 张浩, 王晶, 何明珂. 交通拥堵收费政策效应研究[J]. 管理世界, 2013(7): 174-175.
- [3] 黄恒学. 公共经济学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [4] 凌岚. 公共经济学原理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2010.
- [5] Buchanan, J.M. (2009) Demand and Supply of Public Goods. Shanghai: Shanghai Renmin Press.
- [6] 高培勇. 公共经济学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.
- [7] 曹彬. 基于区域充电设施的充电服务优化策略的研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2018.
- [8] 充电基础设施月度数据追踪[J]. 汽车纵横, 2018(8): 59-59.