

电动汽车充电站资源配置

摘 要

本文针对电动汽车充电站资源配置的问题，运用了线性规划等方法，构建了多等级充电站选址优化模型、函数优化模型等，综合运用了 MATLAB、LINGO 及 EXCEL 等软件编程求解，得出了多等级充电站选址模型，最后结合实际，给充电桩/站大规模应用所面临的问题提出相应对策。

问题一，首先运用 MATLAB 软件编程，计算出任意两个需求点或充电站之间的距离；以充电站到需求点的直线距离之和为决策变量，以所有的需求点到充电站的距离的加权和为目标函数，建立起用户充电成本的最优化模型。运用 LINGO 软件进行编程求解，得出充电站的建设等级和需求点车辆选择充电站的分布情况。最后基于充电站的建设成本对模型进行优化，确定出八个充电站的具体位置及此时的用户充电成本。

问题二，为了实现充电站购买一般工业用电的成本最低，首先分析影响电动汽车充电行为的主要因素，即充电价格、一天中充电车辆的时间分布、一个充电站开放充电桩的数量、蓄电池的充电功率、不同充电模式的充电时间等因素，从中寻找分时充电价格与充电站购电成本的联系，由此建立起分时充电价格与充电站购电成本的函数模型，再用 MTATLAB 软件进行求解，当购电成本最低时，得出合理的分时电价配置。

问题三，要求分析充电桩/站大规模应用所面临的问题，并提出相应的对策。首先，了解充电桩/站近几年应用的情况，从技术、公共政策、充电桩管理等多个方面进行分析、整理、总结，主要在技术方面存在大电流对公用电网产生的危害，谐波污染等问题。此外，还有公共政策不完善，部分充电桩管理规划不够合理的问题。针对这些问题，本文从相应的角度提出其对策。

尽管本文为了简化数学模型，对一些次要因素进行了假设以便判断，但也导致本文数据与现实情况有偏差，可是本文建立的函数模型，是从多角度对题目进行了全面分析，且有过优化，使得本文所求方案可以近似看为最优方案。

关键词：线性规划求解 最优化模型 函数模型

目 录

电动汽车充电站资源配置	1
摘 要	1
目 录	2
1.问题的重述	3
1.1 背景	3
1.2 具体问题	3
1.2.1 问题一：	3
1.2.2 问题二：	3
1.2.3 问题三：	3
2.模型的假设	3
3.符号说明	4
4.模型的建立与求解	5
4.1 问题一的分析与求解	5
4.1.1 对问题的分析	5
4.1.2 对问题的求解	5
4.2 问题二的分析与求解	10
4.2.1 对问题的分析	10
4.2.2 对问题的求解	10
4.2.2.1 模型的建立	10
4.3 问题三的分析与求解	12
4.3.1 对问题三的分析	12
4.3.2 充电桩/站建设相关情况	12
4.3.3 原因分析	12
4.3.4 相应对策	13
5.误差分析	13
5.1 问题一	13
5.2 问题二	13
5.3 问题三	13
6.模型的评价与推广	13
6.1 模型的评价	13
6.1.1 模型的优点：	13
6.1.2 模型的缺点：	14
6.2 模型的推广	14
参考文献	15
附录 1	16
附录 2	19
附录 3	20
附录 4	21
附录 5	22
附录 6	23

1.问题的重述

1.1 背景

电动汽车能够加快电能替代燃油,减少汽车尾气排放,也能够保障能源安全、促进节能减排、防治大气污染。据调查,早在 2015 年 1 月至 8 月份我国电动汽车销量便已突破 11 万辆,而目前中国电动汽车的保有量目前已占全球市场 50%左右,稳居世界第一大电动汽车市场。由此可见我国电动汽车已进入快速发展阶段。电动汽车产销猛增,也带动了配套的充电站市场的行情火爆。

然而,充电站的建设却并不顺利。充电基础设施与电动汽车发展很不协调,这使得电动汽车的使用乃至发展遭到阻碍。至此,电动汽车充电站资源配置显得尤为重要。

1.2 具体问题

1.2.1 问题一：

城市一个区域内的候选充电站为 10 个、用户需求点的数目为 30 个。电动汽车用户成本为 1 元/公里。问题一要求为充电站选址,并确定每个充电站建设等级,以及各个需求点车辆选择充电站的分布情况。同时需考虑充电站初始建设成本和用户充电成本最小化。

1.2.2 问题二：

问题二是对于快充模式且配有储能电池的充电站,考虑其工业分时电价。要求本文首先分析影响电动汽车充电行为的主要因素,在分析其基础下,建立模型,通过调节分时充电的价格,来达到充电站购买一般工业用电的成本最低

1.2.3 问题三：

根据研究结果并了解关于充电桩的建设的相关情况,分析充电桩/站大规模应用所面临的问题,提出相应对策。

2.模型的假设

由于本文所解决的问题涉及变量较多,假若不对部分次要变量进行理想化假设,则所建立数学模型将变得过于复杂,不利于判断,故做出以下假设:

- 1.假设各个需求点的需求量在长时间内不进行流动,基本保持不变;
- 2.假设需求点和充电站之间是直线,把城市地图抽象成由点和线组成的无向网络赋权图;
- 3.电价对充电行为的影响是一定的;
- 4.每天的充电行为总量是一定的;
- 5.一至四级级充电站充电能力之比为 9:7:3:1;
- 6.每个充电桩的充电速度和更换电池速度都相同;
- 7.单位时间内,同一个充电桩一直充电或更换电池或给蓄电池慢充;

- 8.每一个周期，从前一天 23.00 至当日 23.00，共 24 小时；
 9.设蓄电池数量为可服务车辆总数的二分之一；
 10.平均每辆大中型电动车的电储量为 40kwh；
 11.平均每辆小型电动车的电储量为 20kwh；
 12.电动汽车总量为 500 万辆，其中大中型电动车数量为 40 万辆，小型电动车的数量为 460 万辆。

3.符号说明

符号	说明	单位
j	需求点的个数	个
i	充电站的个数	个
(x_i, y_i)	需求点的位置	
(a_i, b_i)	充电站的位置	
d_i	充电站最大可充电车辆	辆
w	充电站初始建设成本和用户充电成本	元
N	比例尺（实际距离:图上距离=0.1）	
P	建设成本	元
p	充电站的等级	级
q	不同属性的时间	
n_{pq}	在 q 时段中 p 级充电站开放充电桩的数量	个
H	每天充电行为总量	辆
Q	每一个充电桩的额定功率	w
U	每一充电桩的蓄电总量	千瓦时
T_{pq}	在 q 时段中 p 级充电站开放充电桩的时间	小时
T	每一时段的时间	小时
$f_{1,p,q}(x)$	在 q 时段中 p 级充电站在电价为 x 的情况下,小型车辆的充电行为量	辆

$f_{2,p,q}(x)$	在 q 时段中 p 级充电站在电价为 x 的情况下 ,大中型车辆的充电行为量	辆
D_q	在 q 时段中充电价格	元
K	充电站购买一般工业用电的总成本	元
C_q	在 q 时段中充电站购买一般工业用电价格	元
A_1	小型车辆蓄电量	千瓦时
A_2	大中型车辆蓄电量	千瓦时
$D_{1,p}$	在 p 级充电站中小型车辆蓄电池个数	个
$D_{2,p}$	在 p 级充电站大中型车辆蓄电池个数	个
$L_{1,p,q}$	在 q 时段中 p 级充电站使用小型车辆蓄电池个数	个
$L_{2,p,q}$	在 q 时段中 p 级充电站使用大中型车辆蓄电池个数	个
E	谷时段电价	元每千瓦时

4.模型的建立与求解

4.1 问题一的分析与求解

4.1.1 对问题的分析

本问题要求本文要求为充电站选址，并确定每个充电站建设等级，以及各个需求点车辆选择充电站的分布情况。同时需考虑充电站初始建设成本和用户充电成本最小化。针对这一问题，本文分为两个步骤来解决。首先本文要使用户充电成本最小化，就存在需求点到充电站有最短路径，对此运用 MATLAB 计算两点之间的距离，算出任意一个需求点和任意一个充电站之间的最短路径（源代码见附录 1，结果见附录 2）得到每个充电站应服务电动汽车个数。其次使用 0 - 1 变量列出了目标函数，并设立两个约束条件，在 LINGO 软件中将目标函数最优化求解。

4.1.2 对问题的求解

4.1.2.1 模型的建立

本文首先运用 MATLAB 软件中计算出任意一个需求点和任意一个充电站之间的距离，以及任意两个需求点之间的距离并利用题中所给数据，做出需求点和充电站的散点

图，如下：

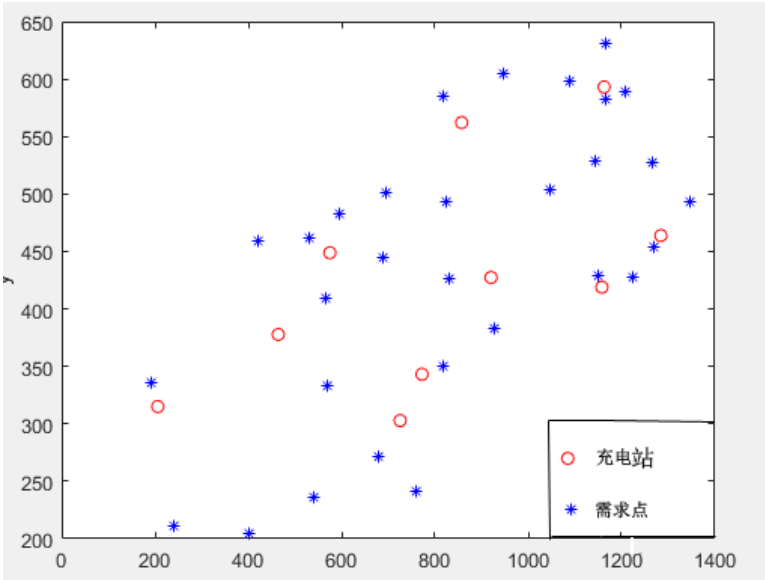


图 1

然后，将所得数据整理在 EXCEL 表格中（附录二），将每一个需求点到每一个充电站的距离进行排序，通过比较确定每一个需求点距离最近的充电站。为保证用户充电成本最小，本文假设所有电动汽车都到距离最近的充电站充电，则各个充电站应服务电动汽车的数量如下表所示：

表 1

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
83	203	109	98	35	68	168	106	54	72

本文根据此表估计各点应建充电站的等级如下表所示：

表 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
三级	二级	三级	三级	四级	四级	二级	三级	四级	三级

为了证明本文的猜测，本文将每个需求点到每个充电站的距离与每个需求点的需求量之积为目标函数。

所以目标函数应为:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{30} c_{ij} \leq d_i (i=1, 2, \dots, 10) \\ \sum_{i=1}^{10} c_{ij} = e_j (j=1, 2, \dots, 30) \end{cases}$$

表 3

图 2

此方案充电站初始建设成本和用户充电成本满足下式：

$$\begin{aligned}
W_1 &= N \times \sum_{j=1}^{30} \times \sum_{i=1}^{10} S_{ij} + P_1 \\
&= 41107039.7510967287 \\
&\approx 41107039.75 \text{元}
\end{aligned}$$

通过观察可知此方案不是最优方案，故本文提出以下改进方案。
(以上思路详见附录 3)

4.1.2.2 模型的改进

改进方案 1：

取消 E 点充电站，使 14 号需求点的所有车辆前往 F 点充电，F 点充电站由四级升级为三级充电站。

则充电站初始建设成本和用户充电成本将减小为：

$$\begin{aligned}
W_2 &= W_1 - P_1 + N \times (S_{F,14} - S_{E,14}) + P_2 \\
&= 38100202.86455 \\
&\approx 38100202.86 \text{元}
\end{aligned}$$

改进方案 2：

在方案一基础之上，取消 I 点充电站，使 25、26 号需求点的车辆前往 H 点充电站，H 点充电站由三级升为二级充电站。

充电站初始建设成本和用户充电成本将减小为：

$$\begin{aligned}
W_3 &= W_2 + N \times (S_{H,25} + S_{H,26} - S_{I,25} - S_{I,26}) - P_2 + P_3 \\
&= 35901175.1356 \\
&\approx 35901175.14 \text{元}
\end{aligned}$$

又因为如果继续取消 J 点，则用户充电成本将会大幅上升，不符合题意，所以此方案为最优方案。

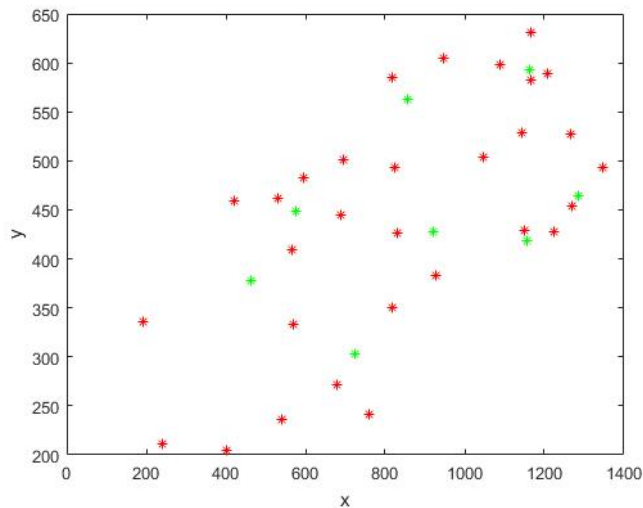


图 3

(MATLAB 软件源代码见附录 5)

则问题一最终得到结果为：

表 4

充电站编号	充电站等级	充电负荷量
1	3	83
2	2	203
3	3	109
4	3	98
6	3	103
7	2	168
8	2	160
10	3	72

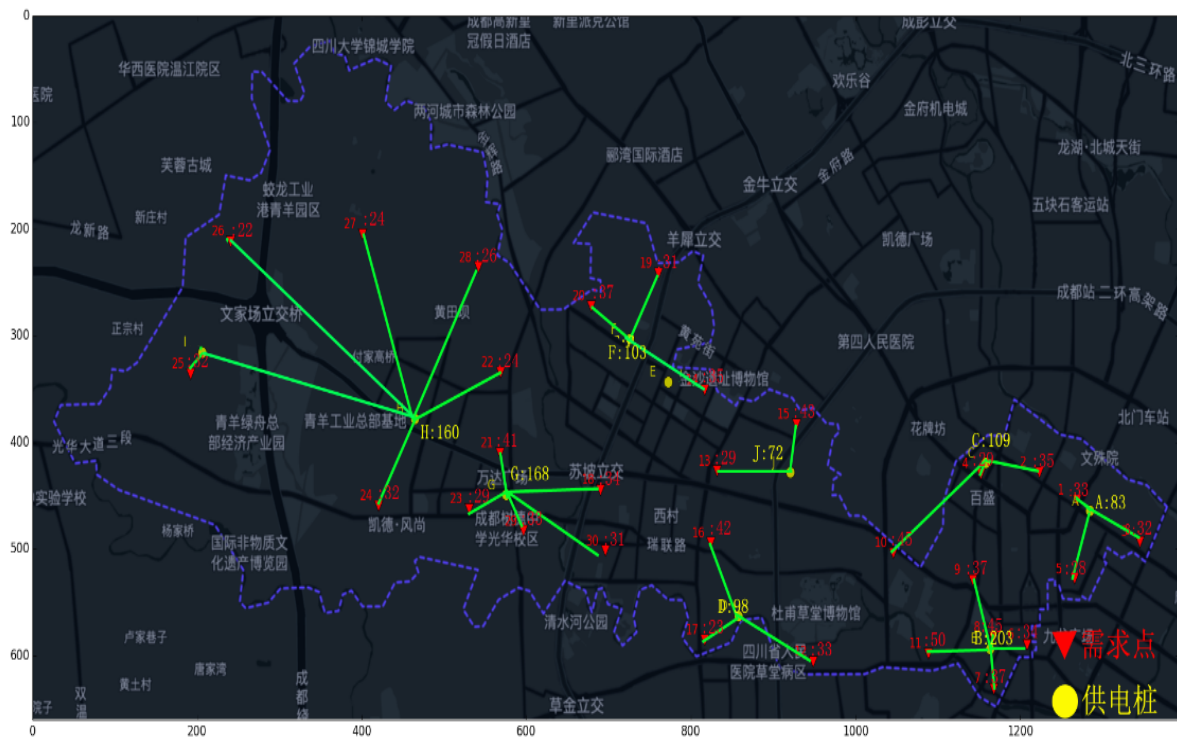


图 4

4.2 问题二的分析与求解

4.2.1 对问题的分析

本问题先要求分析影响电动汽车充电行为的主要因素，在分析的基础之下，建立模型，通过调节分时充电的价格，以此达到充电站购买一般工业用电的成本最低。首先，本文将问题转化，分析不同因素对电动汽车充电行为的影响，建立多个等式，等同于建立以分时充电价格为自变量，工业用电成本为因变量的函数模型。然后，借助 MATLAB 软件对函数进行求解。最后，得出在充电站购买一般工业用电的成本最低时，不同时段的充电价格。

4.2.2 对问题的求解

4.2.2.1 模型的建立

根据问题，在此假设不同等级充电站由不同数量相同规格充电桩提供服务，则有以下关系：

$$\sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^3 (n_{pq} \times T_{pq} \times Q) = \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^3 [T \times Q (n_p - n_{pq}) + n_{pq} \times Q (T - T_{pq})]$$
$$H = \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^3 [T_{pq} \times f_{p,1,2}(D_q)]$$

由以上关系可以归纳出充电站购买一般工业用电的成本与不同因素的关系，由此推出充电站购买一般工业用电成本的表达式：

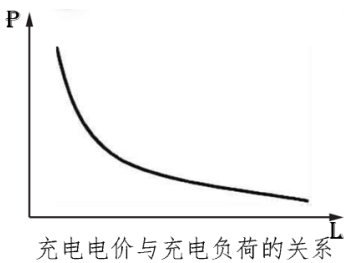
$$K = \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^3 \{C_q [(n_p - n_{pq})QT + n_{pq}Q(T - T_{pq})]\} + \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^3 [C_q (n_{pq}QT_{pq} - U)]$$

此表达式考虑了多重因素，基本符合题目所提供情景，但仍然有考虑不周之处，故本文从相似角度出发，提出了以下优化方案。

4.2.2.2 模型的改进

此方案把原模型的峰、平、谷三个时间分布改进为按时间顺序峰、平、谷的六个不同时间段。此外，本文将不同等级充电站重新定义，根据题目提供的范围，估算出各个等级充电站配置蓄电池个数(图 n)。根据题目所提各类型车辆比例，估算出各类型车辆在第 p 级充电站在 q 时间段时的数量（图呢）。假设充电单价与充电负荷为反比例函数 [6]

充电站等级	储蓄量	X	Y
一级	8640	207	18
二级	6720	161	14
三级	2880	69	6
四级	960	23	2



表五

图五

之后，删去原模型中一些不必要的符号，增添部分合理的假设，精简模型，列出表达式。

充电行为总量 a 的表达式为：

$$H = \sum_{p=1}^4 \left[f_{p_1}(D_q') + f_{p_2}(D_q') \right]$$

充电站购买一般工业用电成本的表达式为：

$$K = E \times \sum_{p=1}^4 (D_{1,p} \times A_1 + D_{2,p} \times A_2) + \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^6 \left\{ \left[f_{1,p,q}(D_q') - L_{1,p,q} + f_{2,p,q}(D_q') - L_{2,p,q} \right] \times C_q \right\}$$

通过充电总量相等可列出等式：

$$A_1 \times \sum_{p=1}^4 f_{1,p}(D_q') + A_2 \times \sum_{p=1}^4 f_{2,p}(D_q') = \sum_{p=1}^4 (D_{1,p} \times A_1 + D_{2,p} \times A_2) + \sum_{p=1}^4 \sum_{q=1}^6 \left[f_{1,p,q}(D_q') - L_{1,p,q} + f_{2,p,q}(D_q') - L_{2,p,q} \right]$$

最后通过 MATLAB 软件计算出在充电站购买一般工业用电的成本最低时，分时电价应为：

用电时段属性	充电价格
峰时段	1.51 元
平时段	1.07 元
谷时段	0.42 元

4.3 问题三的分析与求解

4.3.1 对问题三的分析

问题三告诉本文充电桩/站建设滞后已经成为制约新能源汽车发展的主要因素，要求本文分析充电桩/站大规模应用所面临的问题，并提出相应的对策。通过了解充电桩/站近几年应用的情况，找出其问题所在，从技术、公共政策、充电桩管理等多个方面进行分析、整理、总结，最后提出相应对策来解决问题。

4.3.2 充电桩/站建设相关情况

据查找的资料显示，电动汽车累计保有量已达到 180 万辆，而截至 2017 年 9 月，我国公共类充电桩建设、运营数量共 21 万个，充电桩与电动汽车占其比值约为 8.75%，远低于比较合理的水平（1:1）。这足以说明，充电桩数量已经不能够满足电动汽车的巨大需求，充电基础设施与电动汽车发展不协调，所以应实现充电桩的大规模应用。

与此同时，出现大量用户不具备安装条件或业主委员会不支持或物业服务企业不配合的现象等。所以充电基础设施建设难度较大，面临多方面的问题。[7]

4.3.3 原因分析

4.3.3.1 关于技术方面的原因

(1) 电动汽车快充方式下对公用电网的影响。在快充方式下,大电流会对公用电网产生危害,影响公用电网的负荷平衡。电动汽车充电时间的接近或在负荷高峰时段的充电行为会加重电网负担。

(2) 充电站对电网的谐波污染。使测量仪表不准确,易损坏大容量电容器和使电力导线过热以及引起继电保护和自动装置误动作。[8]

(3) 充电速度慢充电时间长,用户体验差。

(4) 现有充电中有很大部分处于损坏不能使用的状态,这说明了充电桩的质量有待进一步提高,从而减少资源浪费。

4.3.3.2 公共政策不完善

据查阅资料可知,在 2013 年至 2016 年初国家才陆续完成了对电动汽车充电桩补贴,电动汽车用电价,以及充电桩连接装置标准的规定。而在此之前电价,充电接口混乱等问题严重影响着充电桩产业发展。2014 年才制定充电桩建设规划截至目前,虽然国家已经出台了一些政策,但并不够完善,而且在政策实施过程中,并没有为充电桩的建设带来非常显著的改善效果。

4.3.3.3 部分充电桩管理规划不够合理

许多充电桩因选址规划不够合理(比如过于分散或过于偏僻等),从而使相关部门对充电桩的日常管理造成一定的困难。其次,少部分企业忽视了充电桩的维修服务,造成了损坏的充电桩无人维修的情况,造成了资源浪费等问题。

4.3.4 相应对策

(1) 社会加大对充电桩技术的融资力度,推动充电桩技术的发展。同时加强配套电网保障能力。

(2) 严格执行有关谐波的国家标准,加强对谐波管理。贯彻执行有关国家标准关于限制谐波的规定,就能从总体上控制供电系统中的谐波水平,保证充电供给优质的电力。

(3) 加快相关政策落实,制定合理充电桩使用政策及收费便准,制定合理的减免优惠,调动企业积极性。

(4) 企业合理规划汽车充电站选址,完善日常运营管理及维护服务。

(5) 在电动汽车使用过程中,加强对电动汽车的使用者进行正确的引导,使其尽量减少在电网用电高峰时期用电。

5. 误差分析

5.1 问题一

在问题一中,本文假设每天车流量相同,需求点与充电点之间路线为直线。事实上,每天车流量极大可能不相同,且需求点和充电点之间路程一定不会为直线距离,这会对模型产生一定误差。且在问题一中,计算建设成本,并未计算使用寿命。

5.2 问题二

本文并未考虑车流量在不同日子的变化，模式下充电电价的变化，跨时段充电等因素，且将充电价格和充电负荷之间的关系近似看作反比例函数，与实际生活有偏差，不能完全反映实际生活中的充电成本问题。

5.3 问题三

本文更注重技术方面和管理层方面的原因，解决方向也更注重政策方面的调整，忽略了人文方面的问题和使用者层面的心理状况和可能发生的行为，与现实生活有一定出入。

6.模型的评价与推广

6.1 模型的评价

6.1.1 模型的优点：

(1) 问题一主要运用了线性规划的知识，建立起用户充电成本的最优化模型，从题目本质出发，紧紧围绕题目已知变量之间的逻辑关系，合理地设置未知数以建立各变量之间的函数模型，最后运用 MATLAB 软件来达到简便求解。

(2) 问题二设置多个未知数建立多个方程以分析多个影响因素之间的函数关系，建立起分时充电价格与充电站购电成本的函数模型，再用 MATLAB 软件进行求解，当购电成本最低时，得出合理的分时电价。最后运用 MATLAB 软件进行复杂计算，最终确定出一个最合理的充电价格变动方案。思路过程从本质出发，条理清晰，而复杂的计算则运用 MATLAB 软件进行求解。

6.1.2 模型的缺点：

- (1) 对于一些数据，本文对其进行了一些必要的处理，这会带来一定的误差；
- (2) 模型中为使计算简便，使所得结果更理想化，忽略了一些次要影响因素。

6.2 模型的推广

(1) 问题一是一个典型的规划选址问题，本文中利用 MATLAB 软件建立的模型在生活中适用于解决同一类型的问题，比如工厂、商场选址等。

(2) 问题二是一个典型的分时定价策略问题，其中本文建立的模型可以从多角度分析影响定价的因素，从而较全面的反映价格与时间之间的逻辑关系，从而得出更优的定价方案。

本文所建立的模型所用的思想均可设置多变量对问题进行全面分析，考虑角度多样化，分析所得结论更加合理，值得借鉴。

参考文献

- [1]王雨,王威,王勇,刘子乐. 基于 DSM 的分时电价模型[J].微型电脑应用,2007,23(3):1-2,38.
- [2] 诸克军,龚承柱,李兰兰. 天然气工业用户峰谷分时定价 Multi-Agent 仿真[J].系统管理学报,2014,23(3):423-429.
- [3] 刘静艳,王雅君. 景区门票分时定价策略研究[J].旅游学刊,2015,30(7):72-79.
- [4] 葛少云,黄镠,刘洪. 电动汽车有序充电的峰谷电价时段优化[J].电力系统保护与控制,2012,40(10):1-5.
- [5] 夏娟娟,周明坚,袁帅,夏斌. 电动汽车峰谷分时电价时段充电优化模型[J].电源技术,2016,40(9):1848-1850,1877.
- [6] 郑丹,袁泉. 采用分时充电电价时电动汽车充电需求分析[J].广东电力,2014,12:24-29.
- [7] 陈玉进. 电动汽车充电设备特点及对电网影响探讨[J].湖北电力,2009,33(6):48-50.
- [8]高赐威,张亮.电动汽车充电对电网影响的综述[J].电网技术,2011,35(2):129-130.
- [9]互动百科.
<http://www.baike.com/wiki/%E9%80%89%E5%9D%80%E9%97%AE%E9%A2%98>

附录 1

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A1');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B1');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A2');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B2');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A3');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B3');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A4');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B4');
```

```
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A5');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B5');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A6');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B6');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A9');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B9');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
Q=(S+P).^(0.5)
```

```
clc;
clear;
format short G
A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');
B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');
C= xlsread('data2.xlsx',1,'A10');
D= xlsread('data2.xlsx',1,'B10');
S=(A-C).^2;
P=(B-D).^2;
```


$Q=(S+P)^{(0.5)}$

clc;

clear;

format short G

A = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:A30');

B= xlsread('data1.xlsx',1,'B1:B30');

C= xlsread('data2.xlsx',1,'A10');

D= xlsread('data2.xlsx',1,'B10');

S=(A-C).^2;

P=(B-D).^2;

$Q=(S+P)^{(0.5)}$

附录 2

18.956	1	175.06	1	115.7696	1	425.0777	1	508.3111
71.767	2	176.2	2	65.1419	2	389.1932	2	458.1056
67.416	3	208.23	3	201.3084	3	492.6324	3	592.1836
137.37	4	164.21	4	12.206	4	322.6141	4	388.8024
66.355	5	122.06	5	152.9147	5	409.6311	5	526.6973
147.07	6	45.091	6	177.4577	6	351.1733	6	500.1158
203.62	7	37.738	7	211.7782	7	317.314	7	488.538
167.48	8	10.957	8	164.0438	8	309.6172	8	461.2665
156.27	9	67.799	9	110.6804	9	286.5799	9	413.6379
241.94	10	147.55	10	140.4234	10	197.1936	10	316.7819
237.84	11	75.039	11	192.0968	11	233.0257	11	405.4247
364.6	12	214.72	12	280.4986	12	100.5006	12	315.7275
454.64	13	370.94	13	326.8042	13	138.2503	13	102.0796
481.59	14	422.81	14	348.4638	14	215.5437	14	44.6322
365.86	15	315.56	15	233.1705	15	192.9685	15	160.2988
461.56	16	353.12	16	342.4962	16	76.1976	16	159.2731
483.41	17	346.48	17	379.754	17	46.92	17	245.5032
594.78	18	495.64	18	468.7599	18	204.9241	18	130.4183
569.63	19	534.74	19	435.8155	19	335.5371	19	102.7642
635.37	20	580.82	20	501.3401	20	340.87	20	117.5836
719.15	21	623.03	21	590.7886	21	327.8805	21	215.5233
727.89	22	648.56	22	595.8991	22	368.5852	22	204.2966
754.54	23	646.27	23	629.635	23	342.6241	23	270.0449
864.08	24	754.35	24	738.7884	24	449.149	24	370.6421
1100	25	1004.3	25	969.6989	25	703.1054	25	580.465
1074	26	998.09	26	940.6779	26	709.8173	26	547.8752
920.99	27	855.35	27	787.1073	27	580.166	27	396.6397
777.61	28	717.13	28	643.6349	28	454.8263	28	255.0643
688.33	29	577.05	29	565.2894	29	273.0399	29	224.5701
590.03	30	476.07	30	469.7414	30	173.0091	30	175.8504

附录 3

```

clear
clc
citys = xlsread('data1.xlsx',1,'A1:B30');
station = xlsread('data2.xlsx',1,'A1:B10');
x = citys(:,1); y = citys(:,2);
x1 = station(:,1);
y1 = station(:,2);
plot(x,y,'bO',x1,y1,'r*');
xlabel('x');
ylabel('y');
num = xlsread('data1.xlsx',1,'C1:C30');
for i = 1:10
    for j = 1:30
        sumDis(i,j) = sqrt(sum((station(i,:) - citys(j,:)).^2));
        sumDis(i,j) = sumDis(i,j)*num(j);
    end
end
xlswrite('wdata3.xlsx',sumDis,1);
for i = 1:30
    minDis(i) = Inf;
end
for j = 1:30
    for i = 1:10
        if(minDis(j)>sumDis(i,j))
            minDis(j) = sumDis(i,j);
            flag(j) = i;
        end
    end
end
for i = 1:30
    sumflag(i) = 0;
end
for i = 1:30
    sumflag(flag(i)) = sumflag(flag(i))+1;
end
xlswrite('wdata4.xlsx',minDis,1);
tolDis = 0;
for i = 1:30
    tolDis = tolDis+minDis(i);
end
tolDis

```


附录 4

MODEL:

Title Location Problem;

sets:

demand/1..10/:a,b,d;

supply/1..30/:x,y,e;

link(demand,supply):c;

endsets

data:

!locations for the demand;

a=1284.405914,1162.705645,1158.024866,857.518817,772.328629,725.520833,574.799731,464.333333,205.954301,920.241263;

b=463.870296,593.059812,418.934812,562.166667,343.106183,302.851478,448.891801,377.74

3952,315.021505,427.360215;

!quantities of the demand and supply;

d=350;

e=33,35,22,29,28,34,37,45,37,45,50,33,29,35,43,42,23,34,31,37,41,24,29,32,32,22,24,26,33,31;

enddata

init:

!initial locations for the supply;

x=1268.491263,1222.619624,1345.256048,1151.471774,1265.682796,1207.641129,1167.386425,1166.450269,1142.110215,1045.686156,1087.813172,948.325941,831.306452,816.327957,927.730511,823.817204,816.327957,689.946909,760.158602,678.713038,567.310484,568.24664,529.864247,420.334005,191.911962,240.59207,400.674731,541.098118,596.331317,695.563844;

y=453.572581,427.360215,492.891129,429.232527,527.528898,589.315188,630.50

6048,582.762097,528.465054,503.188844,597.740591,605.229839,426.424059,350.

59543,382.424731,493.827285,584.634409,444.211022,241.065188,271.958333,409.

573253,333.744624,461.997984,459.189516,335.616935,211.108199,204.555108,23

5.448253,482.593414,501.316532;

endinit

!objective function;

[OBJ] min=@sum(link(i,j): c(i,j)*((x(j)-a(i))^2+(y(j)-b(i))^2)^(1/2));

!demand constraints;

@for(demand(i) : [DEMAND_CON] @sum(supply(j):c(i,j)) =d(i));

!supply constraints;

@for(supply(i):[SUPPLY_CON] @sum(demand(j):c(j,i)) <=e(i));

@for(supply: @free(x); @free(y););

END

附录 5

```
clear
clc
A = xlsread('DèÇóμã.xlsx',1,'A1:C30');
citys = xlsread('DèÇóμã.xlsx',1,'A1:B30');
n = size(citys,1);
x = citys(:,1);
y = citys(:,2);
plot(x,y,'r*');
xlabel('x');
ylabel('y');
```

```
hold on
```

```
A1 = xlsread('³äμç×®.xlsx',1,'A1:B20');
shings = xlsread('³äμç×®.xlsx',1,'A1:B20');
p = size(shings,1);
x1 = shings(:,1);
y1 = shings(:,2);
plot(x1,y1,'g*');
xlabel('x');
ylabel('y');
```

附录 6

```

clc;
clear;
format long G;
syms x1 %小车电价
syms x2 %大车电价
syms hq %进价
syms Sq %q 时刻的电价
syms k
syms q %时刻
syms p %充电站等级
syms a11
syms a12
syms a13
syms a14
syms a15
syms a16
syms a17
syms a18
syms a19
syms a20
syms a21
syms a22
syms Dp1 %充电站中小车蓄电池个数
syms Dp2 %充电站中大车蓄电池个数
syms Lq1 %在 q 时段小车使用蓄电池数
syms Lq2 %在 q 时段大车使用蓄电池数
p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
x1=Sq;
x2=Sq;
fp1(x1)=k/x1;
fp2(x2)=k/x2;
for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a11=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a12=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a13=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a14=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    end
end
end

```



```

a=a11+a12+a13+a14;
fq2(x2)=k/x2;
for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a15=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a16=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a17=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a18=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    end
end
a1=a15+a16+a17+a18

```

```

for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a19=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a20=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a21=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a22=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    end
end
a2=a19+a20+a21+a22
syms d11
syms d12
syms d13
syms d14
for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        d11=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p2
        d12=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p3
        d13=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p4
        d14=Dp1*a1+Dp2*a2;
    end
end
d=0.369*(d11+d12+d13+d14)

```

```

clc;
clear;
format long G;
syms x1 %小车电价
syms x2 %大车电价
syms hq %进价
syms Sq %q 时刻的电价
syms k
syms q %时刻
syms p %充电站等级
syms a11
syms a12
syms a13
syms a14
syms a15
syms a16
syms a17
syms a18
syms a19
syms a20
syms a21
syms a22
syms Dp1 %充电站中小车蓄电池个数
syms Dp2 %充电站中大车蓄电池个数
syms Lq1 %在 q 时段小车使用蓄电池数
syms Lq2 %在 q 时段大车使用蓄电池数
p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
x1=Sq;
x2=Sq;
fp1(x1)=k/x1;
fp2(x2)=k/x2;
for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a11=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a12=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a13=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a14==fp1(Sq)+fp2(Sq)
    end
end
a=a11+a12+a13+a14;
fq2(x2)=k/x2;

```

```

for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a15=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a16=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a17=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a18=fp1(Sq)+fp2(Sq)
    end
end
a1=a15+a16+a17+a18

```

```

for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        a19=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p2
        a20=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p3
        a21=fp1(Sq)+fp2(Sq);
    elseif p==p4
        a22=fp1(Sq)+fp2(Sq)
    end
end
a2=a19+a20+a21+a22
syms d11
syms d12
syms d13
syms d14

```

```

for p1=300,p2=250,p3=110,p4=70;
    if p==p1
        d11=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p2
        d12=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p3
        d13=Dp1*a1+Dp2*a2;
    elseif p==p4
        d14=Dp1*a1+Dp2*a2;
    end
end
d=0.369*(d11+d12+d13+d14)

```