

Forecast of the Electric Vehicle Ownership in Guiyang City and Investigation on the Business Mode of Charging Facilities

Li Mo

Human Resources Department of Guiyang Power Supply Bureau, Guiyang
Email: moligy@yahoo.cn

Received: Nov. 2nd, 2011; revised: Nov. 18th, 2011; accepted: Dec. 1st, 2011

Abstract: With the decrease of energy around the world, the development of electric vehicle has been approved in many countries, and the construction of charging facilities have also been supported by the governments. In order to improve the efficiency of the power grid, the forecast on the ownership of the electric vehicle in Guiyang was investigated firstly, then the business mode of the charging facilities was investigated. Finally the strategy for the business mode of charging facilities was presented, which can improve the efficiency of the power company.

Keywords: Electric Vehicle; Charging Facilities; Ownership; Business Mode

贵阳市电动汽车保有量预测与充电设施运营模式研究

莫莉

贵阳供电局人力资源部, 贵阳
Email: moligy@yahoo.cn

收稿日期: 2011 年 11 月 2 日; 修回日期: 2011 年 11 月 18 日; 录用日期: 2011 年 12 月 1 日

摘要: 随着全球范围内能源的紧缺, 电动汽车充电设施的建设得到各国政府的支持。为了提高电网企业在充电设施建设与运营中的效益, 论文针对贵阳市的城市特点以及民用汽车发展状况, 首先采用 BP 神经网络对贵阳市电动汽车保有量进行了预测。根据预测得出的贵阳市民用汽车保有量的增长趋势, 对贵阳市的充电设施的运营模式进行了研究, 并对贵阳市电动汽车充电设施的建设方案与运营管理模式进行了建议。

关键词: 电动汽车; 充电设施; 保有量; 运营模式

1. 引言

随着全球汽车工业的高速发展, 全球汽车总保有量的不断增加, 汽车所带来的环境污染、能源短缺、资源枯竭等方面的问题也越来越突出。为了保护人类的居住环境、保障能源供给, 各国政府积极寻求解决这些问题的途径。电动汽车具有高效、节能、低噪声、零排放等显著优点, 在环保和节能贡献方面具有不可

比拟的优势。目前电动汽车技术的研发已成为各国政府和汽车厂商关注的热点。电动汽车势必成为重要的绿色交通工具。电动汽车的规模化发展, 需要完善的基础配套设施, 为电动汽车的动力电池提供电能补给。其中, 电动汽车充电设施建设及运营是重要环节之一, 对于电动汽车产业发展至关重要^[1-8]。

自 2009 年开始我国就开始电动汽车充电设施的试点建设, 并对今后 20 年内的电动汽车充电设施的

建设进行了全面的规划。目前国内各个省电力公司已经完成了电动汽车充电设施的试点建设，并进行了试点运营。但是目前国内很多试点运行的充电设施的运行效益不高，这将影响充电设施进一步发展。

因此论文针对贵阳市民用汽车的发展状况以及贵阳的城市特点，在对目前常用的汽车保有量预测方法分析的基础上，采用 BP 神经网络对贵阳市电动汽车保有量进行了预测。根据预测得出的贵阳市民用汽车保有量的增长趋势，对贵阳市的充电设施的运营模式进行了研究，并对贵阳市电动汽车充电设施的建设方案与运营管理模式进行了建议。

2. 贵阳市电动汽车保有量分析

电动汽车充电设施的建设以及运营模式需要根据电动汽车的保有量进行合理的规划，因此论文首先对贵阳市电动汽车保有量进行计算分析。由于目前贵阳市电动汽车没有历史数据，因此贵阳市电动汽车保有量的预测方法如下：

1) 首先根据贵阳市民用汽车历史保有量对贵阳市民用汽车保有量进行预测。

2) 针对国家科技部对我国 2011 年至 2020 年电动汽车发展规划，对 2011 年至 2012 年全国电动汽车保有量进行预测。

3) 根据贵阳市城市特点与经济水平，采用 BP 神经网络对贵阳市的电动汽车保有量进行预测。

图 1 为贵阳市电动汽车保有量预测流程图。从图 1 中可以看出目前对电动汽车的保有量的预测是基于民用汽车保有量的，因此下面首先对汽车保有量的预测方法进行分析，进而采用 BP 神经网络对贵阳市的电动汽车保有量进行预测。

2.1. 汽车保有量预测方法

2.1.1. 常用预测方法

上世纪 50 年代，美国学者 Marc Nerlove 等人采用了比较简单的时序结构线性方程对汽车保有量进行了短期预测。20 世纪 70 年代末期回归模型在汽车保有量预测中得到广泛应用，该方法综合考虑汽车需求与消费者心理、可支配收入、人均 GDP 等自变量之间的关系来建立模型。预测结果有的与实际较为接近，有的则相差较远。还有一些西方学者，采用 Logistic 和 Gompertz 曲线模型进行分析。由于汽车普及赶超

国家日渐增多，这种基于历史数据的分析方法收到了较好的效果^[9-13]。

国内学者关于中国汽车市场的年度预测常常采用的方法有：

趋势外推模型、多元线性回归模型、Damped Trend Exponential Smoothing 时间序列模型，以及对以上 3 种模型预测结果赋予权值，来进行组合预测。回归分析采用 ARIMA 模型进行月度需求预测，统计检验结果其残差为同方差而拒绝异方差。另有学者采用 Matlab 软件，建立了具有时间序列的私人汽车保有量的神经网络预测模型，获得了较好的预测效果。此外，灰色系统理论 GM(1,1)被广泛用来预测汽车保有量。

还有学者选取 Gompertz 模型来研究汽车拥有率和人均收入之间的非线性关系。通过对各国的时间序列数据和多国的横截面数据做回归，并对汽车拥有率及其收入弹性做国际比较，发现 Gompertz 方程能够在一定程度上解释各国汽车拥有率发展共有趋势^[13]。

2.1.2. 现有方法中存在的问题

由于发达国家的家庭轿车已经基本普及，而我国经济近几年快速发展，汽车增长量得到快速站，私有轿车普及阶段才刚刚开始，汽车普及基本上是体现一种赶超态势。针对以上重大区别，在汽车保有量预测建模方面就不能照抄照搬西方学者针对其本国市场预测的模型。

此外，中国市场经济发展的历史很短，统计数据和市场数据都不够完整，历史数据积累甚少，近 10 年来中国经济和社会变化的跳跃非常大，这些特点很

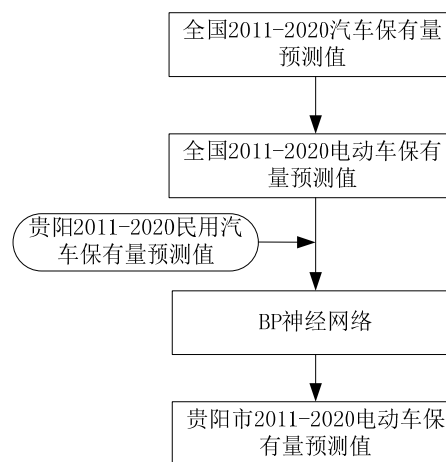


Figure 1. Flow chart for the forecast of electric vehicle ownership
图 1. 贵阳市电动汽车保有量预测流程图

难使用传统的需求理论和预测技术来指导一些行业的产品需求分析和计算。

因此，根据中国汽车市场的复杂性、众多的不确定性以及非线性性质，有必要重新考虑原有的各种预测模型存在的优点与不足，在适当借鉴学者已经做出的研究工作的基础上，将中国汽车普及放在经济起飞赶超的时代大背景之下，参考韩日等国赶超历史，对原有模型进行改进。

2.2. BP 神经网络模型

神经网络是基于生物神经元提出来的，是由大量处理单元(神经元)相互连接形成的网络^[14,15]。神经网络对信息的处理是通过神经元相互作用来实现。神经网络基本单元是神经元，是对生物神经元的抽象，简化，其结构如图 2 所示。

在该结构中， $X_1, X_2 \dots X_n$ 为输入量， W_{1j}, W_{2j}, W_{nj} 为输入量权值， θ_j 为神经元阈值，输入输出的关系为：

$$p_j = \sum_{i=1}^n w_{ij}x_i - \theta_j \quad (1)$$

$$y_j = f(p_j) \quad (2)$$

其中 $f(\cdot)$ 为非线性激活函数，常用的非线性激活函数包括 logistic 函数和双曲正切函数。

BP 神经网络主要计算过程由输入的正向计算和误差的反向传播两个过程组成。输入层神经元主要用来接收输入信息，并传递给隐含层神经元；隐含层主要用于输入量的计算处理，根据输入量以及处理信息的要求，隐含层可以设计为单层或者多层结构；最后输出层将正向计算结果输出，至此就完成了一次学习的正向传播处理过程。如果此时的输出结果与期望值存在误差，则进入误差反向修正阶段。误差通过输出层，按照梯度下降法修正各层权值，直到误差满足设定的要求为止。整个学习的过程就是各层权值不断调整的过程，也是神经网络学习训练的过程。BP 神经网络的权值的调节过程如图 3 所示。

误差反向传播修正的主要指作用于神经元突触权值的调节量正比于本次学习中误差信号与突触输入信号的乘积，在图 3 中， $d_k(n)$ 为目标期望值， $y_k(n)$ 为输出值， $e_k(k)$ 为误差值，通过修正权值来减小误差。

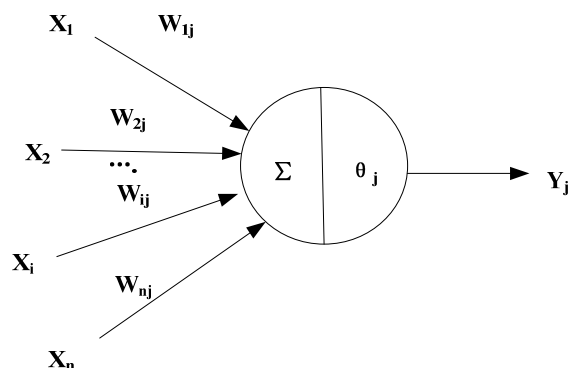


Figure 2. The structure of neurons
图 2. 神经元结构

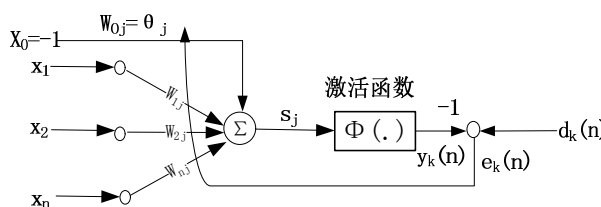


Figure 3. The process of error correction
图 3. 误差修正过程

2.3. 贵阳现有汽车保有量分析

2.3.1. 贵阳民用汽车保有量预测

与其他城市相比，贵阳家庭汽车的拥有量还比较低。据有关资料显示，贵阳目前有 400 万人口，到 2010 年底，达到了 430 万人。据贵阳市城调队公布的数据显示，2005 年，贵阳城市居民平均每百户家庭拥有 2.33 辆车，截至 2007 年，每百户城镇居民家庭拥有 4 辆汽车，比 2002 年增长了 3 倍。目前贵阳汽车保有量为 35 万辆，以 70% 为私家车计算，除去公车外，私家车应该在 20 万辆。因此，根据目前的人口计算，贵阳至少可以容纳 70 万辆轿车，按照目前的增长速度，至少还需要 8 年左右。

根据贵州省统计局的贵阳统计年鉴数据中关于贵阳民用汽车保有量历史数据如图 4 所示，可以看出随着经济增长，贵阳市民用汽车保有量逐年增加。截至 2009 年底，民用汽车保有量已达到 348,956 辆。从图 4 可以看出，自 1998~2009 年 11 年间，贵阳民用汽车的每年增长率平均超过 20%，其中 2003 年增长率最大，超过了 35%。虽然在增长过程中呈现波动，但是总体增势强劲。随着贵阳市经济的发展，这一增势还将继续下去。

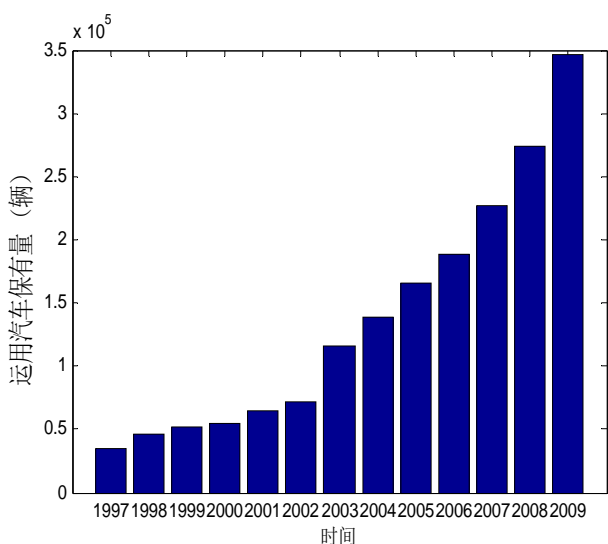


Figure 4. The civilian car ownership of Guiyang in 1997 to 2009
图 4. 贵阳市 1997~2009 年民用汽车保有量

根据贵阳市民用汽车保有量历史数据，通过三层 BP 神经网络，以历史数据为训练样本，对贵阳市 2011~2020 年民用汽车的保有量进行了预测计算，结果如表 1 所示，从表中可以看出今后 10 年，贵阳市民用汽车保有量将会有很大的发展空间。

2.3.2. 全国电动汽车保有量预测

针对科技部对 2015 年、2020 年、2030 年全国电动汽车保有量的预测数据，采用分段三次 Hermite 插值方式对 2011 年至 2020 年每年的电动汽车保有量做分析计算，结果如表 2 所示。

2.3.3. 贵阳市电动汽车保有量预测

根据全国电动汽车 2011~2020 年保有量的估计，以及对贵阳 2011~2020 年民用汽车保有量的估计，通过 BP 神经网络可以预测贵阳市 2011~2020 年电动汽车保有量，如表 3 所示。采用 BP 神经网络对电动汽车保有量进行预测，可以考虑各种非线性因素的影响。

3. 贵阳市电动汽车充电设施运营模式分析

根据预测得出的贵阳市的电动汽车保有量，与现状以及国内外电动汽车运营模式的经验与国家电网公司的政策，主要从充电服务网络的构建、充电设施的运营及管理以及充电计费几个方面，对贵阳市电动汽车充电设施运营模式提出以下建议。

Table 1. The public car ownership forecast of Guiyang from 2011 to 2020

表 1. 贵阳市民用汽车保有量预测(2011 年~2020 年, 单位: 辆)

年份	2011	2012	2013	2014	2015
保有量	422,880	469,396	530,418	594,068	677,238
年份	2016	2017	2018	2019	2020
保有量	778,823	895,647	1012,082	1153,773	1384,527

Table 2. The electric cars ownership forecast
表 2. 全国电动汽车保有量预测(万辆)

年份	2011	2012	2013	2014	2015
保有量	95.148	129.7	169.69	215.11	266
年份	2016	2017	2018	2019	2020
保有量	392.124	637.303	962.62	1329.16	1698

Table 3. The electric cars ownership forecast of Guiyang
表 3. 贵阳市电动汽车保有量预测(辆)

年份	2011	2012	2013	2014	2015
贵阳电动汽车保有量	5201	7069	8483	10,214	13,788
年份	2016	2017	2018	2019	2020
贵阳电动汽车保有量	19,027	23,594	30,672	39,873	58,614

3.1. 充电设施网络的构建

1) 综合考虑用户充电习惯和各种充电方式的特点，“网络覆盖”与“便捷使用”将是充电服务设施建设的核心要求。

2) 充电设施的建设应以充电站与电池更换站相结合的“一体站”为主、以公共场所常规充电装置为补充，从而有效满足用户对于充电时间和更换电池便捷性的需要。

3) 先行考虑贵阳市电动汽车爆发式增长后，对充电设施的需求增长，建议在城区内的新建小区开展充电设施配套建设推广工作。

基于以上分析，建议贵阳市电力公司在推进电动汽车充电服务网络后续建设过程中，根据贵阳市的经济发展特点，特别是民用汽车增长速度迅猛这一特点，综合考虑以下内容：

1) 快速充电站的建设，保证电动汽车的及时充

电。

2) 推进换电站的建设,在电池技术没有突破之前,加快换电站可以减少充电等待时间。

3) 推广常规充电桩的建设。申请政府政策支持,对于新建小区的停车库要求配套建设充电桩,建议充电桩的数量与停车位的比例超过 20%。

3.2. 充电设施运营模型建议

根据目前其他行业的运营经验,结合贵阳市汽车发展历史以及预测的保有量,对贵阳市的充电设施运营模式做以下建议:

1) 借鉴通信行业的价格策略和增值服务模式,只有在独立经营的加油站才有优惠、增值、积分等活动。引导用户在国家电网公司充电站消费。

2) 充电站的建设与运营可以采用参股充换电站经营方式。采取出资人承包经营和管理,国家电网公司拿固定回报的方式。

3) 允许个人或其他单位向国家电网公司申请特许经营许可,电网公司为其提供专门的充电和计费设备以及电动汽车充电收费系统软件,电网公司提供宣传材料和价格策略,不定期对其进行抽检。

4) 提供充电外其他多种服务,具体包括:

a) 信息提醒服务。对电动车辆运行过程中电池及关键部件的工作状态、车辆位置等数据进行实时采集与传输,为车辆提供远程故障诊断、快速救援以及智能化调度(及时提供路况信息)信息提醒服务。

b) 紧急救援服务。建立电池救援中心,设置服务热线,为用户提供电动车及动力电池的检修配送服务。

c) 广告业务。利用充电站内设备和空间为电池厂商,汽车厂商及相关厂商提供广告业务,收取费用。

4. 结论

1) 对汽车保有量的预测方法进行了分析总结,并对贵阳市的民用汽车发展规律进行了分析。

2) 采用 BP 神经网络方法对贵阳市的电动汽车保有量进行了预测, BP 神经网络可以克服预测过程中的非线性因素影响。

3) 对贵阳市电动汽车充电设施的建设方案进行了分析,提出了充电站相结合的方式建设。

4) 对贵阳市电动汽车充电设施的运营模式进行了分析,提出了多种运营模式相结合的方式。

论文采用 BP 神经网络对贵阳市电动汽车今后 10 年保有量进行了预测,这属于长期的预测,在今后短期的规划制定的过程中,还需要根据电动汽车实际发展情况进行相应的修订。根据预测得出的贵阳市民用汽车保有量的增长趋势,对贵阳市的充电设施的运营模式进行了研究,并对充换电站的建设经济性进行了初步的分析。

参考文献 (References)

- [1] 马艳丽,高月娥.我国未来汽车保有量情景预测研究[J].公路交通科技,2007,24(1):121-125.
- [2] S. M. T. Bathaee, A. H. Gastaj, S. R. Emami and M. Mohamadian. A fuzzy-based supervisory robust control for parallel hybrid electric vehicles. 2005 IEEE Conference on Vehicle Power and Propulsion, 2005: 27-30
- [3] 唐惠龙,牟宏均.关于电动汽车发展趋势的探讨[J].制造业自动化,2010,6:187-188.
- [4] A. Chaurey, T. C. Kandpal. Solar lanterns for domestic lighting in India: Viability of central charging station model. Energy Policy, 2009, 37(11): 4910-4918.
- [5] 李浩.浅议电动汽车充电站监控系统的设计与实现[J].城市建设:下旬,2010,2(1):147.
- [6] 田美娥.我国发展电动汽车的必要性与趋势[J].西安石油大学学报:自然科学版,2010,25(5):89-91.
- [7] 李瑞生,王晓雷,周逢权,李献伟.灵巧潮流控制的电动汽车智能化充电站[J].电力系统保护与控制,2010,38(21):87-90.
- [8] B. Harjinder, T. Milton, B. David, et al. Over current and ground fault protection in a networked charging station for electric vehicles. US Patent 12477089 (7906937), 2011.
- [9] 陈新琪,李鹏,胡文堂,徐嘉龙,朱炯,张鹏飞.电动汽车充电站对电网谐波的影响分析[J].中国电力,2008,41(9):31-36.
- [10] J. P. Gao, F. C. Sun, H. W. He, G. M. Zhu and G. E. Strangas. A comparative study of supervisory control strategies for a series hybrid electric vehicle. Wuhan University, IEEE Power and Energy Society, 2008.
- [11] 古继宝,元芳芳,吴剑琳.基于 Gompertz 模型的中国民用汽车保有量预测[J].技术经济,2010,1:57-62.
- [12] 贲颖.BP 神经网络对汽车保有量的预测[J].黑龙江交通科技,2007,30(11):151-152.
- [13] 何明,过秀成. BP 神经网络主成分分析法在汽车保有量预测中的应用[J].交通与计算机,2007,25(4):96-99.
- [14] 田振中,彭晗,薛海培.基于主成分和 BP 神经网络的汽车保有量预测[J].交通标准化,2008,19:173-175.
- [15] Z. P. Wang, P. Liu, H. B. Han, C. Lu and T. Xin. A distribution model of electric vehicle charging station. Applied Mechanics and Materials, 2010, 16(9): 1543-1548.