

# 上海市汽车保有量及结构预测研究

陈 祥, 何加加, 林志阳\*

上海应用技术大学经济与管理学院, 上海

收稿日期: 2025年11月11日; 录用日期: 2026年1月4日; 发布日期: 2026年1月15日

## 摘 要

随着中国新能源汽车产业的快速发展, 预测区域市场保有量对城市交通规划、充电基础设施布局及产业政策制定具有重要意义。文章基于2019~2023年上海市小型燃油汽车与新能源汽车保有量数据, 构建了包括指数平滑、线性回归、随机森林、XGBoost、支持向量回归与Stacking集成学习在内的多模型预测框架, 分别对未来小型燃油汽车与新能源汽车保有量进行预测。进一步, 引入包含补贴、充电设施、限行政策与饱和效应的多因素动态增长模型, 分析政策干预对新能源汽车发展的影响。研究结果表明, 上海市新能源汽车保有量预计将持续增长, 并在未来超过小型燃油汽车; 多因素模型及政策情景分析表明限行政策加强仅适合作为短期调控工具。研究为上海市新能源汽车政策的制定与交通结构的优化提供了一定的科学依据。

## 关键词

新能源汽车, 保有量预测, 集成学习模型, 多因素模型, 饱和效应

# Research on the Forecast of Automobile Ownership and Structure in Shanghai

Xiang Chen, Jiajia He, Zhiyang Lin\*

School of Economics and Management, Shanghai Institute of Technology, Shanghai

Received: November 11, 2025; accepted: January 4, 2026; published: January 15, 2026

## Abstract

With the rapid development of China's new energy vehicle industry, predicting the market stock in specific regions is of great significance for urban transportation planning, the layout of charging infrastructure, and the formulation of industrial policies. Based on the data of small car and new

\*通讯作者。

energy vehicle stock in Shanghai from 2019 to 2023, this paper systematically constructed a multi-model prediction framework including exponential smoothing, linear regression, random forest, XGBoost, support vector regression, and Stacking ensemble learning, and made predictions for the future stock of small cars and new energy vehicles respectively. Furthermore, a multi-factor dynamic growth model incorporating subsidies, charging facilities, restriction policies, and saturation effects was introduced to analyze the impact of policy intervention on the development of new energy vehicles. The results show that the stock of new energy vehicles in Shanghai is expected to maintain steady growth and may surpass that of small fuel vehicles in the future. The multi-factor model and policy scenario analysis indicate that the strengthening of restriction policies is only suitable as a short-term regulatory tool. This study provides a scientific basis for the formulation of new energy vehicle policies and the optimization of the transportation structure in Shanghai.

## Keywords

New Energy Vehicles, Forecast of Ownership, Ensemble Learning Model, Multi-Factor Model, Saturation Effect

Copyright © 2026 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

随着中国城市化进程的不断加快, 机动车保有量的迅猛增长给特大城市带来了交通拥堵、环境污染和能源消耗等一系列严峻挑[1]。作为中国的经济中心和超大型城市, 上海市的汽车保有量持续位居全国前列, 其动态变化与结构转型对城市交通规划和可持续发展具有重要影响, 其中, 以电动汽车为代表的新能源汽车因其低碳环保的特性, 被视作交通领域实现“碳达峰”与“碳中和”目标的关键路径, 并得到从中央到地方层面购车补贴、免费牌照和路权优先等一系列强力政策的扶持[2]。

在此背景下, 准确预测汽车保有量及结构对城市交通规划、充电设施建设及电网布局具有重要意义。国内外学者在此领域已开展了广泛研究。在基于时间序列的统计模型中, 古继宝等[3]运用指数平滑法对我国民用汽车的保有量进行了预测并提出了有利于中国汽车产业发展的建议; Saurabh Dhankhar 等[4]基于 ARIMA 模型与指数平滑法对印度电动汽车销售进行了预测。这类方法侧重于数据本身的规律性从而做出预测, 随着人工智能技术的发展, 机器学习模型因其能预估复杂的非线性关系被越来越多地应用于预测研究中, 周亚林等[5]基于随机森林及 XGBoost 等多种机器学习模型对新疆私人汽车保有量进行了预测研究; 董晓红等[6]通过支持向量回归模型得到了未来新能源汽车规模的区间范围; 在新能源汽车领域, 王世进等[7]的研究指出, 补贴政策和充电桩密度是驱动新能源汽车保有量增长的核心要素。因此预测模型不仅要考虑历史数据, 也需纳入政策、基础设施和市场环境等外部因素。

目前多数研究均单一侧重于传统燃油车或新能源汽车, 缺乏对二者保有量结构演变趋势的对比与预测。同时, 现有研究一般未充分考虑城市物理容量对汽车保有量增长的“饱和效应”以及交通限行政策对新能源汽车保有量的影响。

基于此, 本文以上海市为研究对象, 整理 2019 年至 2023 年的汽车保有量数据, 应用并比较了指数平滑法、线性回归、随机森林、XGBoost、支持向量回归以及 Stacking 集成学习等多种模型, 分别对上海市小型燃油车(以下简称小型汽车)和小型新能源汽车的保有量进行了预测, 考虑到补贴政策与充电桩密度等因素的影响, 本文进一步构建了一个考虑多因素与饱和效应的新能源汽车保有量预测模型, 将补贴

退坡、充电设施建设、限行政策的时滞影响以及保有量上限同时纳入分析框架，并模拟了不同限行政策强度下的未来情景，旨在为上海市乃至同类特大城市的交通治理与新能源汽车产业政策提供科学的决策依据。

2. 上海市汽车保有量现状分析

2.1. 数据来源与总体趋势

表 1 是 2019 年 3 月至 2023 年 12 月上海市小型汽车与小型新能源汽车保有量，数据来源于中国汽车流通协会乘用车市场信息联席分会网站 <http://www.cPCAauto.com>。

Table 1. The number of registered vehicles in Shanghai  
表 1. 上海汽车保有量

日期	小型汽车保有量	小型新能源车保有量	小型汽车保有量增长率	小型新能源车保有量增长率
2019-03	3,479,126	156,764	—	—
2019-06	3,521,755	178,563	1.23%	13.91%
2019-09	3,556,247	191,019	0.98%	6.98%
2019-12	3,590,059	205,070	0.95%	7.36%
2020-03	3,624,142	217,007	0.95%	5.82%
2020-06	3,666,320	238,551	1.16%	9.93%
2020-09	3,705,976	268,285	1.08%	12.46%
2020-12	3,752,825	313,879	1.26%	16.99%
2021-03	3,740,651	386,858	−0.32%	23.25%
2021-06	3,726,123	444,489	−0.39%	14.90%
2021-09	3,738,636	497,820	0.34%	12.00%
2021-12	3,743,776	562,628	0.14%	13.02%
2022-03	3,757,854	631,346	0.38%	12.21%
2022-06	3,759,407	653,053	0.04%	3.44%
2022-09	3,784,691	750,830	0.67%	14.97%
2022-12	3,815,748	887,253	0.82%	18.17%
2023-03	3,823,922	958,204	0.21%	8.00%
2023-06	3,799,582	1,08,3671	−0.64%	13.09%
2023-09	3,798,606	1,154,698	−0.03%	6.55%
2023-12	3,777,275	1,262,718	−0.56%	9.35%

如图 1 所示，虽然目前上海小型汽车保有量远高于小型新能源汽车，但是近几年小型新能源汽车保有量增长率均大于小型汽车保有量增长率，显示出新能源汽车市场的强劲发展势头。特别是在 2021 年 3 月，上海市发布拟对外地牌照实施交通限行政策，小型新能源汽车保有量增长率达到了峰值(23.3%)。随着上海市政府对环保和交通拥堵问题的日益重视，新能源汽车因其低碳环保等优势，逐渐成为了消费者的首选。同时，政府也出台了一系列鼓励新能源汽车发展的政策，如购车补贴、免费停车等，进一步推动了新能源汽车市场的快速发展。

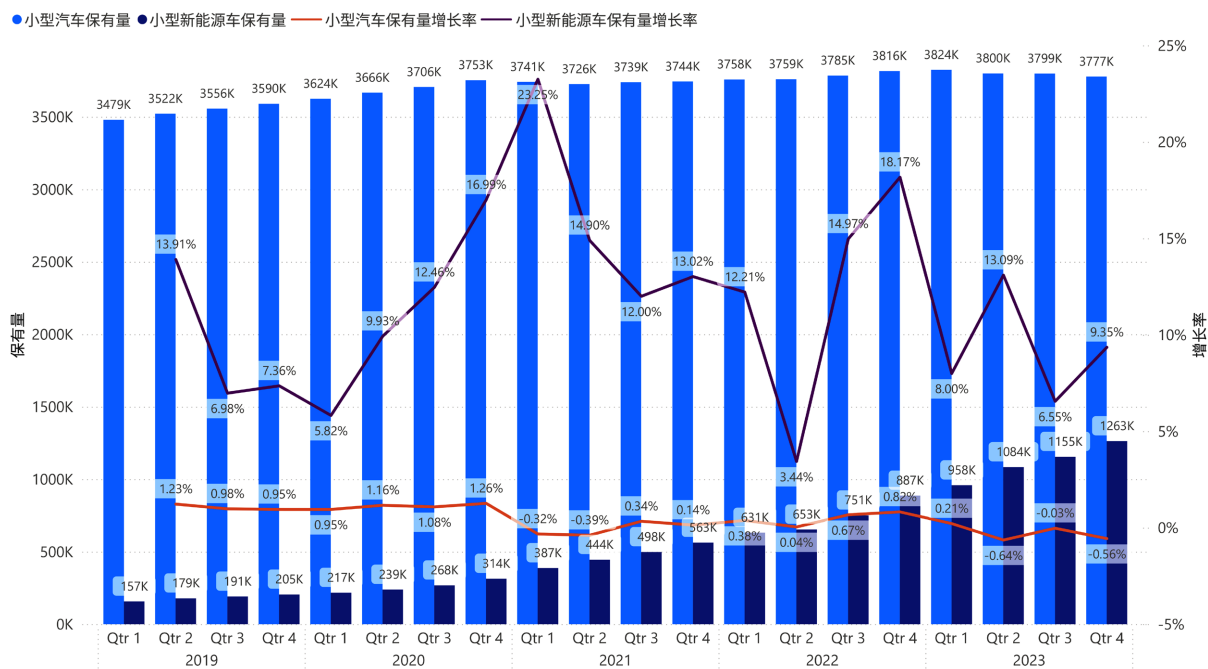


Figure 1. The number of registered vehicles in Shanghai

图 1. 上海汽车保有量

## 2.2. 政策驱动与市场响应

此前，上海市政府通过购车补贴、免费停车、路权优先等政策大力推广新能源汽车，显著提升了市场渗透率。然而政策逐步发生转变，2023 年起插电混动车型不再享受免费绿牌，纯电动车牌申请条件收紧；2024 年，纯电乘用车免费绿牌申领条件提高，要求个人消费者 4 年内累计缴纳 3 年社保或个人所得税，且名下无新能源车和燃油车(沪 C 号段车辆除外)，这使得插电式混合动力(含增程式)汽车以及纯电乘用车销量受到冲击。此外，新能源汽车补贴退坡导致消费者购车成本上涨，进一步影响新能源汽车销量[8]。此外，根据相关估算，上海道路容量约为 750 万至 1000 万辆，也将成为制约小汽车保有量的重要因素[9]。

## 3. 汽车保有量预测方法

### 3.1. 基础预测模型

基础预测模型主要基于历史保有量数据本身进行推算，适用于小型燃油汽车未来保有量的趋势判断和作为小型新能源汽车未来保有量推算的基准。

#### 3.1.1. 指数平滑法

指数平滑法是一种经典的时间序列预测方法，其核心思想是对历史数据赋予不同的权重，近期数据权重较大，远期数据权重呈指数递减，从而实现对序列趋势的平滑与跟踪。该方法适用于具有稳定趋势但无明显季节性的时间序列数据[10]。

##### (1) 一次指数平滑

一次指数平滑适用于无趋势、无季节性的序列。它通过对当前观测值  $y_t$  和上一期平滑值  $S_{t-1}^{(1)}$  进行加权平均，得到当前时刻的平滑值  $S_t^{(1)} = \alpha y_t + (1-\alpha) S_{t-1}^{(1)}$  和下一时刻的预测值  $\hat{y}_{t+1} = S_t^{(1)}$ 。其中， $\alpha$  为平滑系数( $0 \leq \alpha \leq 1$ )，控制模型对新数据的响应速度。

### (2) 二次指数平滑

二次指数平滑是在一次平滑基础上引入趋势项  $T_t$ ，适用于具有线性趋势的序列。其水平项  $L_t$  的计算为  $L_t = \alpha y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$ ，趋势项  $T_t$  的计算为  $T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$ ，二次平滑预测未来  $h$  期的值为  $\hat{y}_{t+h} = L_t + hT_t$ 。其中， $y_t$  为观测值， $L_{t-1} + T_{t-1}$  为前一期预测值， $\beta$  为趋势平滑系数。

### (3) 三次指数平滑

三次指数平滑进一步引入  $S_t$  季节性项，适用于同时包含趋势和季节性的序列。其水平项计算会先剔除季节性影响  $L_t = \alpha(y_t - S_{t-m}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$ ，趋势项计算与二次平滑相同，季节项计算为  $S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-m}$ ，未来  $h$  期的值为  $\hat{y}_{t+h} = L_t + hT_t + S_{t+h-m\lfloor(t+h)/m\rfloor}$ 。其中  $\gamma$  为季节平滑系数， $m$  为季节周期。

## 3.1.2. 线性回归模型

线性回归是预测分析中最基础且广泛应用的模型之一，它假设因变量与自变量之间存在线性关系。其目标是找到一组参数，使得模型预测值与实际观测值之间的误差平方和最小，从而得到具有良好统计性质的参数估计。

### (1) 一元线性回归

一元线性回归的数学表达式为  $y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon$ 。其中， $y$  是因变量， $x$  是自变量， $\beta_0$  是截距， $\beta_1$  表示斜率， $\epsilon$  是误差项（ $\epsilon$  一般假设服从均值为 0 的正态分布），参数  $\beta_0$  和  $\beta_1$  通过最小化  $\sum_{i=1}^n (y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i))^2$  确定。

### (2) 多元线性回归

当有多个自变量时，模型扩展为  $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon$ 。参数估计通过最小化  $\sum_{i=1}^n (y_i - (\beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip}))^2$  来实现。

## 3.1.3. 集成学习模型

集成学习通过构建并结合多个基学习器来完成学习任务，旨在获得比单一模型更优越的泛化性能和稳健性，可以有效利用多个模型的优势。

### (1) 随机森林

随机森林是一种 Bagging 集成方法的典型代表。它通过自助采样法从训练集中抽取多个样本子集，为每个子集独立训练一棵决策树。在决策树生长过程中，节点分裂时还会随机选取部分特征作为候选，这进一步增强了模型的多样性。最终，对于回归问题，随机森林的输出是所有决策树预测值的平均值

$$\hat{y} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T h_t(x), \text{ 其中 } h_t(x) \text{ 是第 } t \text{ 棵决策树对样本 } x \text{ 的预测值。}$$

### (2) XGBoost

XGBoost 的核心思想是迭代地添加决策树来拟合前一棵树的预测残差。与传统梯度提升相比，XGBoost 在目标函数中显式加入了正则化项  $\Omega(f_k)$  以控制模型复杂度，防止过拟合，并使用了二阶泰勒展开等优化技术提升计算效率和精度。模型可表示为  $\hat{y}_i = \sum_{k=1}^K f_k(x_i)$ ，通过最小化

$$Obj = \sum_{i=1}^n l(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k) \text{ 来学习每一棵决策树 } f_k。$$

### (3) Stacking

Stacking 模型利用基学习器对原始数据做预测，将这些基学习器的预测结果作为新的特征输入，训练



一个元学习器来进行最终预测。这种方式能够融合不同模型的优势, 获得更强的泛化能力。

### 3.1.4. 支持向量回归

支持向量回归(Support Vector Regression, SVR)是支持向量机在回归问题上的应用。其目标是找到一个函数  $f(x)$ , 使得该函数与大部分训练样本点之间的偏差不超过一个预定的不敏感损失参数  $\epsilon$ , 即允许预测值在一个宽度为  $2\epsilon$  的“间隔带”内不产生损失, 同时追求间隔带本身尽可能“平”, 这体现了结构风险最小化原则。

对于线性 SVR, 目标是求解  $f(x) = w^T x + b$ , 其优化目标可以表述为最小化  $\frac{1}{2} \|w\|^2$ , 同时满足约束  $|y_i - (w^T x_i + b)| \leq \epsilon, i = 1, 2, \dots, n$ , 使样本点尽可能落在间隔带内。对于非线性问题, SVR 通过核函数将输入空间映射到高维特征空间, 从而进行线性回归。

针对汽车保有量预测问题, 其数据集呈现为时间序列形式  $\{(t, y_t)\}$ ,  $t$  表示时间段,  $y_t$  表示对应时间段的小型汽车保有量。模型构建过程主要包括数据预处理、特征工程、模型选择、参数调优以及使用训练集对上述各类模型进行训练和验证。

## 3.2. 多因素增长预测模型

新能源多因素增长预测模型在基础预测模型之上, 进一步纳入政策、基础设施等外部驱动因素, 旨在提升预测精度并进行政策效果评估, 为决策提供量化依据。该模型的基础是一个多元线性回归方程, 增长率具体表示为  $g_t = \beta_0 + \beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \beta_3 x_{3,t} + \beta_4 t + \varepsilon_t$ 。其中,  $x_1$  为补贴金额,  $x_2$  为充电桩数量,  $x_3$  为限行政策影响值,  $t$  为时间趋势。引入饱和调整因子为  $S(Q_t) = 1 - \alpha \left( \frac{Q_t}{Q_{\max}} \right)^y$ , 调整后的增长率为  $\tilde{g}_t = g_t \times S(Q_t)$ , 保有量递推公式为  $Q_{t+1} = Q_t \times \left( 1 + \frac{\tilde{g}_t}{100} \right)$ 。

## 4. 预测结果与分析

### 4.1. 基于历史数据的单一模型预测

对小型燃油汽车保有量的数据集进行训练, 对训练后的各个模型进行测试, 结果如图 2 和表 2 所示, 集成学习的均方误差最小, 因此选取集成学习模型进行预测。集成模型具体使用了线性回归、随机森林、XGBoost 和支持向量回归作为基模型, 最终通过 Ridge 回归作为元模型进行结果融合。最终预测表达式为  $\hat{y} = 1.24 \times 10^6 + 1.56 X_1 - 3.83 X_2 + 2.54 X_3 + 0.30 X_4$ 。其中,  $X_1$  表示线性回归模型,  $X_2$  表示随机森林模型,  $X_3$  表示 XGBoost 模型,  $X_4$  表示支持向量回归模型。

对小型新能源汽车保有量的数据集进行训练。对训练后的各个模型进行测试, 结果如图 3 和表 2 所示, 二次指数平滑的均方误差最小, 因此选取二次指数平滑模型进行预测。二次指数平滑模型最终结果表达式为  $L_t = 0.90 y_t + 0.10 (L_{t-1} + T_{t-1})$ ,  $T_t = 0.46 (L_t - L_{t-1}) + 0.54 T_{t-1}$ ,  $\hat{y}_{t+h} = L_t + h T_t$ 。其中,  $y_1 = 2.17 \times 10^5, L_1 = 1.75 \times 10^5, T_1 = 4.78 \times 10^4$ 。

根据小型汽车保有量集成学习模型与小型新能源汽车保有量二次指数平滑模型, 对未来七年数据进行预测, 预测结果如图 4 所示。小型汽车的保有量在未来一段时间内将维持在一个相对稳定的水平, 小型新能源汽车的保有量则呈现出一种快速上升趋势。这一趋势不仅表明了新能源汽车市场的蓬勃发展, 也反映了消费者对环保、节能型汽车日益增长的需求。随着时间的推移, 小型新能源汽车的保有量持续攀升, 并逐渐拉近了与小型汽车保有量的差距。

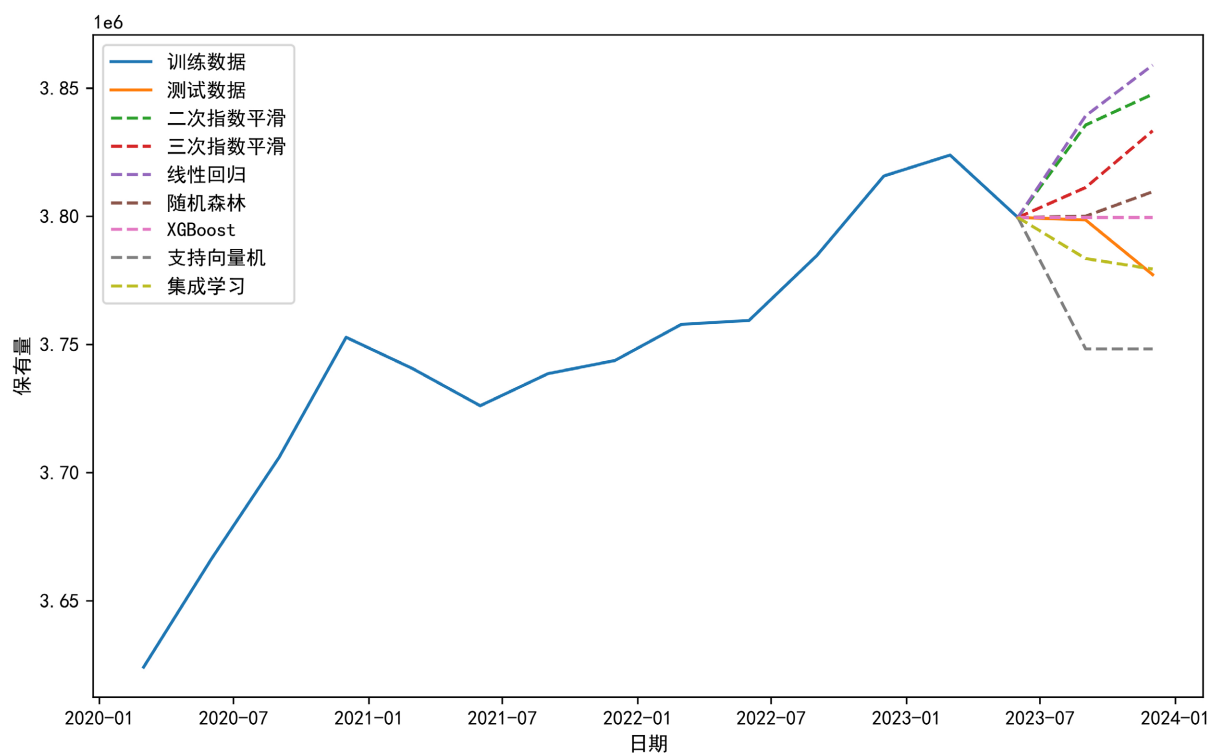


Figure 2. Test of the prediction model for the number of small cars held

图 2. 小型汽车保有量预测模型测试

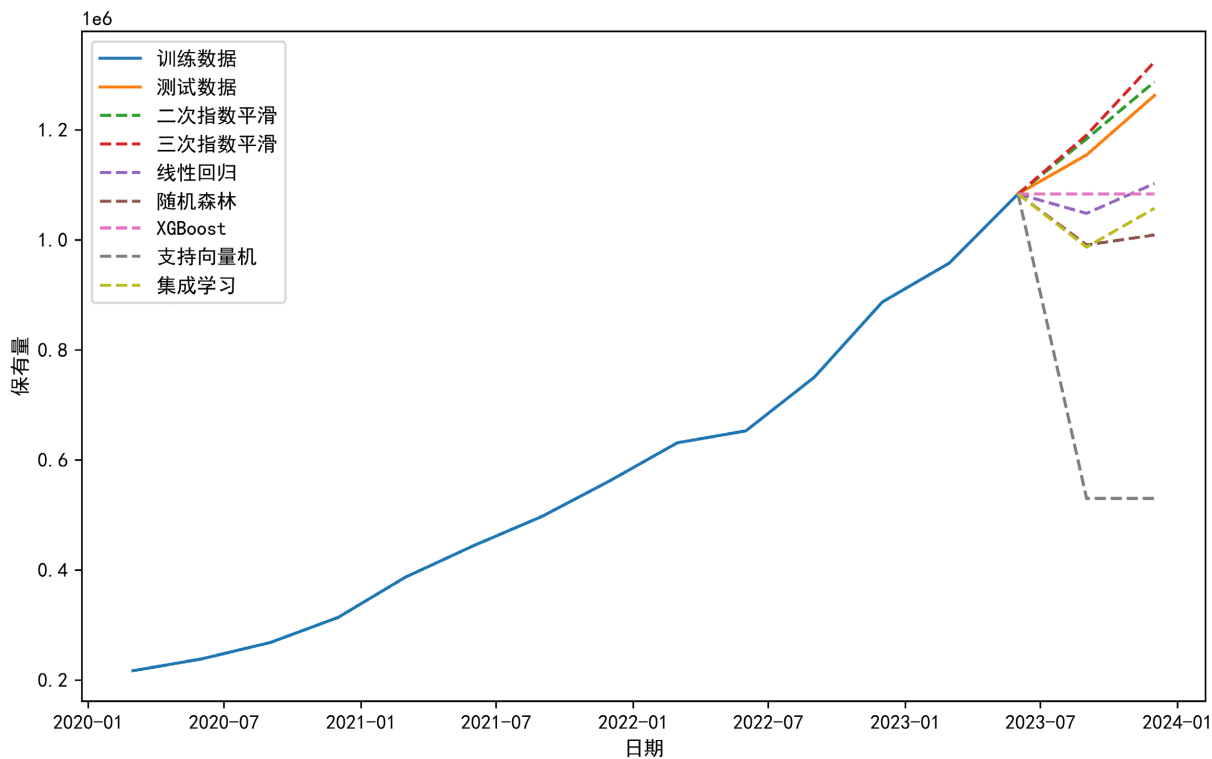


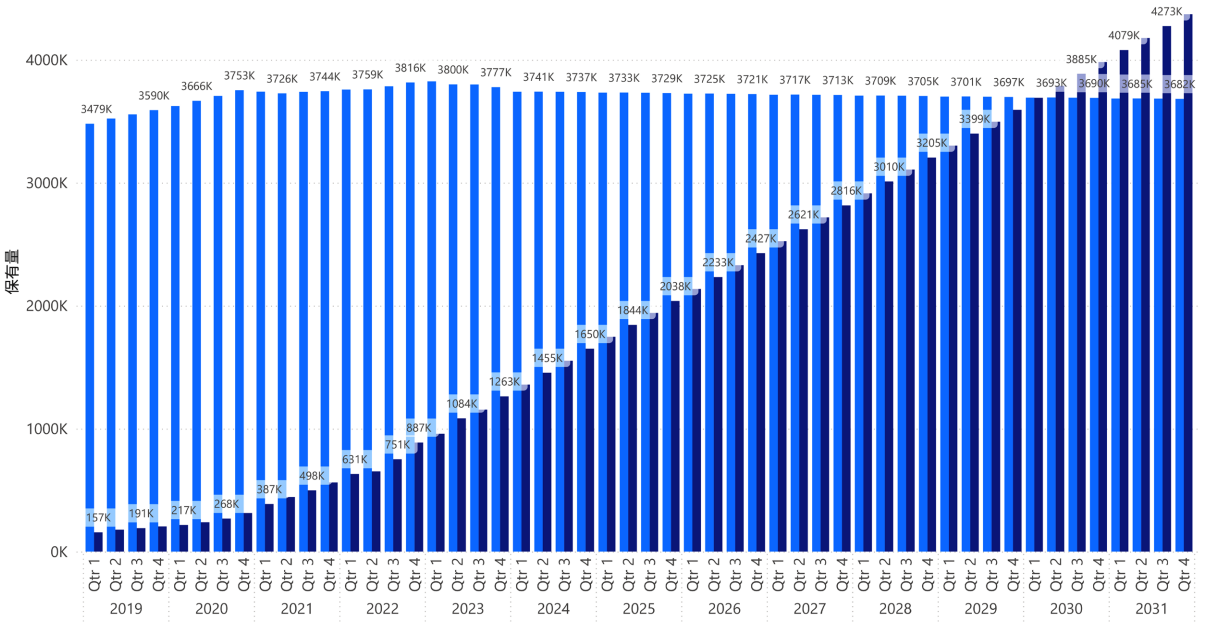
Figure 3. Prediction model test for small new energy vehicle ownership

图 3. 小型新能源汽车保有量预测模型测试

**Table 2.** Comparison of MSE of different vehicle ownership prediction models  
**表 2.** 不同汽车保有量预测模型均方误差对比

均方误差 \ 模型	二次指数平滑	三次指数平滑	线性回归	随机森林	XGBoost	支持向量回归	集成学习
小型燃油汽车(10 <sup>8</sup> )	31.63	16.55	41.68	5.24	2.49	16.85	1.16
小型新能源汽车(10 <sup>8</sup> )	7.33	25.17	184.62	455.59	185.51	4632.58	350.97

●小型汽车保有量 ●小型新能源车保有量



**Figure 4.** Forecast of automobile ownership in Shanghai  
**图 4.** 上海市汽车保有量预测

根据预测结果，新能源汽车保有量将持续增长，并在未来超越小型燃油汽车保有量。这一预测结果预示着新能源汽车市场具有广阔的发展前景，为未来在交通领域的绿色转型和可持续发展提供了数据支撑。

## 4.2. 考虑多因素的模型拟合与预测

### 4.2.1. 模型参数与数据基础

新能源多因素增长模型主要考虑补贴政策因素、基础设施因素与限行政策因素。

#### (1) 补贴政策因素

**Table 3.** New energy vehicle subsidies in Shanghai from 2018 to 2023  
**表 3.** 上海市 2018~2023 年新能源汽车补贴

年份 \ 补助	2018	2019	2020	2021	2022	2023
中央财政补助(万元)	5	2.5	2.25	1.8	1.26	0
上海配套补助(万元)	2.5	1.25	1.125	0.9	0	0
综合补助(万元)	7.5	3.75	3.375	2.7	1.26	0



该因素量化了政府对消费者的直接经济激励，其数据来源于对续航大于 400 公里的纯电动汽车所享受的中央与地方综合补贴金额的历年变化(表 3)。

### (2) 基础设施因素

该因素以上海市各类充电桩的总量为衡量指标(表 4)，反映了充电便利性对消费者购买决策的支撑作用。

**Table 4.** The total number of charging piles in Shanghai from 2019 to 2024

**表 4.** 上海市 2019~2024 年充电桩总量

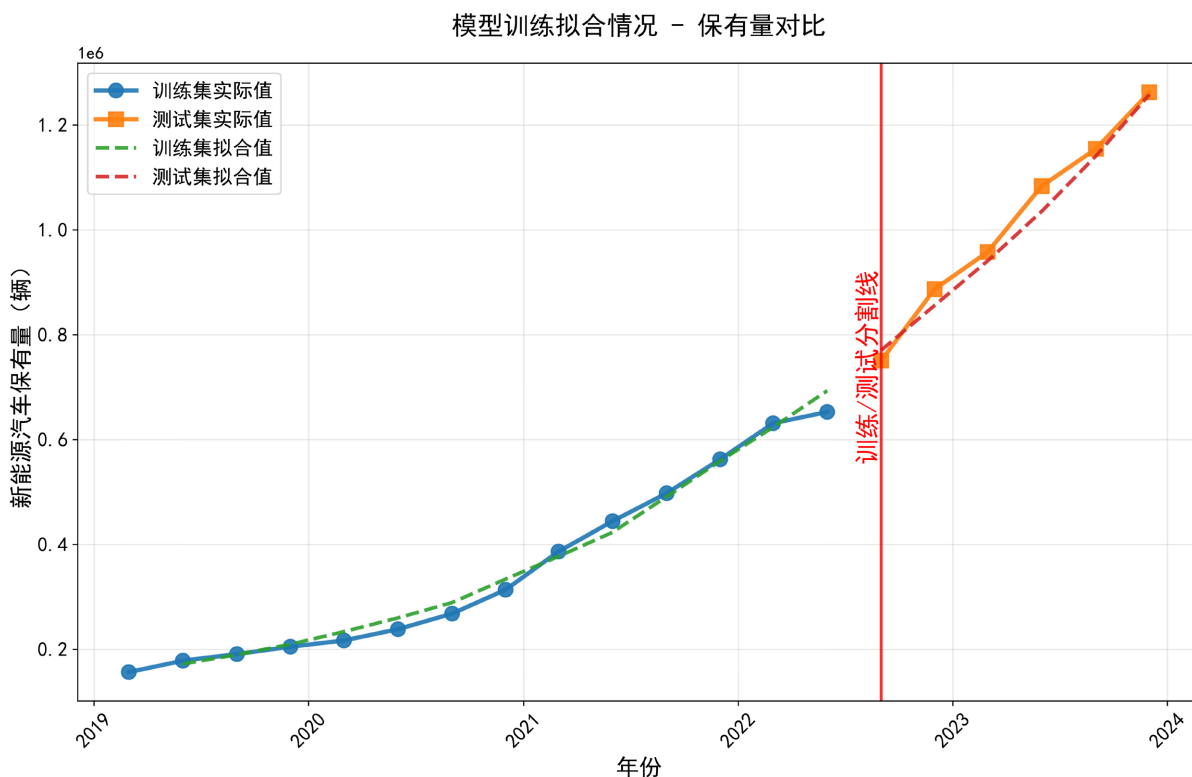
年份	2019	2020	2021	2022	2023	2024
充电桩数量(万)	27	37.7	50	69.7	83.6	98

### (3) 限行政策因素

该因素在于对限行政策的量化处理。政策强度根据上海市不同实施阶段被设定为 5 至 50 不等的数值。为了精确模拟政策从颁布到产生市场效果的延迟效应，模型引入了指数衰减函数  $x_{3,t} = \sum_{i=1}^k a \Delta P_i e^{-b(t-t_i)}$ 。

其中， $a, b$  的为正参数，这使得政策影响不再是瞬时生效，而是随着时间推移逐渐释放和减弱，更符合实际情况，算例中具体选取  $a = 2, b = 0.7$ 。不同的参数取值将对结果产生定量影响，但定性结果相同。

#### 4.2.2. 模型拟合效果评估



**Figure 5.** Model training fitting situation

**图 5.** 模型训练拟合情况

本研究使用 2022 年 6 月之前的历史数据作为训练集来校准模型参数，并将 2022 年 9 月之后的数据

作为预测集用于验证模型的泛化能力。模型拟合效果的量化评估通过计算决定系数  $R^2$  来实现，其公式为  $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ 。计算结果显示， $R^2$  的值为 0.9956，表明该模型对上海市新能源汽车保有量的拟合效果理想(图 5)。

取  $Q_{\max} = 500$  万，增长率模型的参数估计结果为  $\beta_0 = 3.59, \beta_1 = 1.4512, \beta_2 = 0.0298, \beta_3 = 0.1035, \beta_4 = 0.2468$ 。具体来看，基础增长率  $\beta_0$  为正值，表明即使没有任何外部激励的情况下，新能源汽车市场也存在着内在的自然增长动力。所有外部驱动因素的系数均为正数，这与我们的实际认知完全相符：补贴每增加 1 万元，季度增长率将提高约 1.45 个百分点；充电设施每增加 1 万座，增长率提升 0.03 个百分点；限行政策影响因子每增加一个单位，增长率提升 0.10 个百分点。此外，时间趋势系数也为正，反映了未被其他变量直接捕捉的长期积极因素，如电池技术的持续进步、生产成本的稳步下降以及消费者环保意识的普遍提高等，这些因素共同构成了市场长期向好的内生增长动力。

4.2.3. 交通限行政策效应分析

基于所提出的模型对未来不同情景下的上海市新能源汽车保有量进行预测，情景一：假定 2024 年以后上海市的交通限行政策强度维持在 50 的水平不变；情景二：假定自 2027 年 3 月起，限行政策强度由 50 提升至 80。

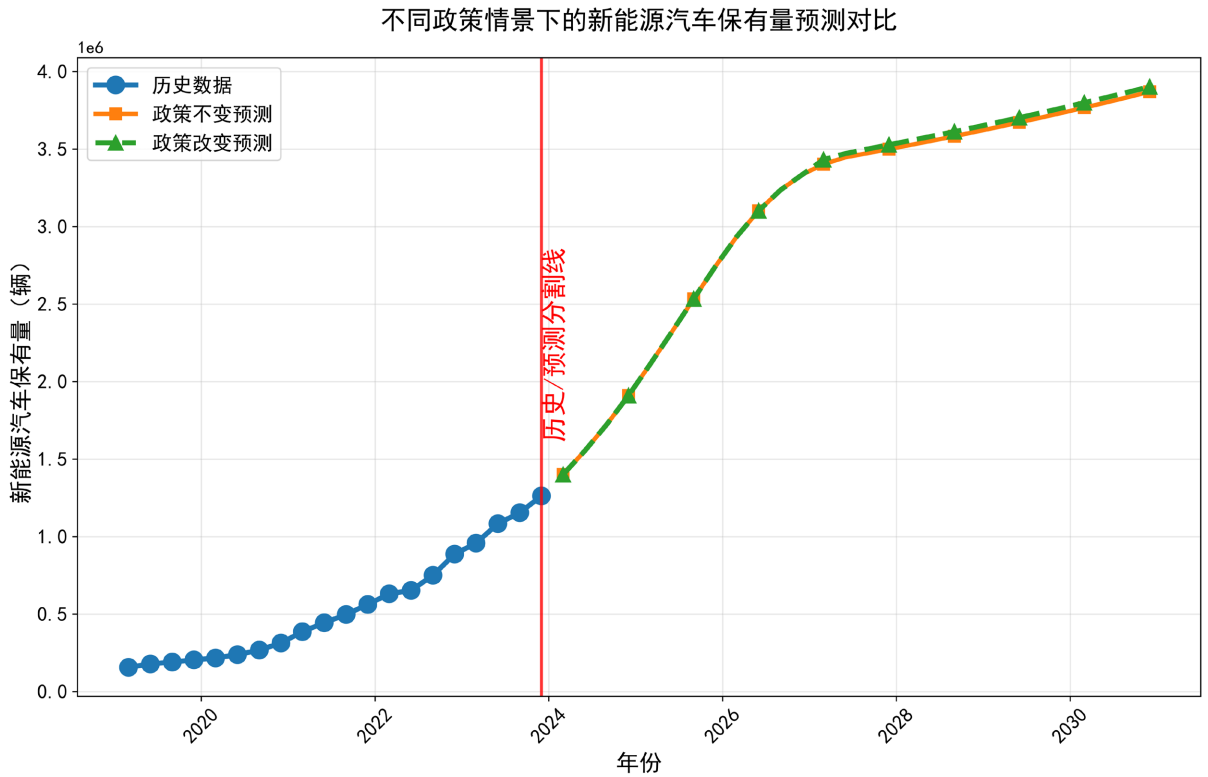


Figure 6. Forecast of the retention volume of new energy vehicles in Shanghai

图 6. 海市新能源汽车保有量预测

结果如图 6 所示，总体而言，保有量将保持持续增长的态势，但在 2026 年第二季度之后，由于基数变大以及市场逐渐接近饱和状态，增长速度会呈现明显的放缓趋势。预计到 2030 年，全市新能源汽车保

有量将达到 325 万辆左右的规模。通过对两种政策情景的预测结果进行对比分析,可以量化限行政策的效果。模拟计算表明,2030 年,政策加强情景下的保有量比政策不变情景下高出约 24,414 辆,相对增幅约为 0.7%。 $Q_{\max}$  表征新能源汽车保有量的上限,会对结果产生定量影响。分别取  $Q_{\max} = 400, 500, 600$  万,限行政策保持不变情况下,到 2030 年底,两种情景下的新能源汽车保有量均分别约为 265 万辆、325 万辆和 380 万辆。这一结果揭示了限行政策作用的两个关键特征:首先,限行政策确实能对新能源汽车保有量的增长产生正向的刺激作用;其次,这种刺激作用从长期来看相对有限,饱和效应起主导作用。

## 5. 结论

本文通过构建多模型预测框架与多因素分析模型,对上海市汽车保有量及结构演变进行了研究。在预测方法上,对于小型燃油汽车保有量,Stacking 等集成学习模型展现出更强的拟合与预测能力;而对于处于快速增长期的新能源汽车,经典的二次指数平滑模型则表现更优。基于数据的预测结果表明,上海市未来汽车保有量结构可能发生根本性转变,新能源汽车将超越小型燃油汽车。此外,本文将饱和机制与政策时滞效应引入新能源多因素预测模型,发现补贴、充电设施和限行政策均是推动新能源汽车增长的重要动力,但城市物理容量对新能源汽车保有量的增长仍有制约。对外地车辆的交通限行政策对新能源汽车保有量的增长产生短期正向的刺激作用,但长期作用较为有限。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(72101185)。

## 参考文献

- [1] 戴帅,郭继孚,程世东,等. 城市交通发展重点问题研讨——《面向 2035 年中国城市交通发展战略》发布会圆桌讨论[J]. 城市交通, 2024, 22(3): 58-65.
- [2] 符梁铭. 新能源汽车发展前景及分析建议[J]. 时代汽车, 2025(13): 80-82.
- [3] 古继宝,荣敏,吴剑琳. 中国民用汽车保有量的组合预测[J]. 工业技术经济, 2010, 29(4): 123-127.
- [4] Dhankhar, S., Dhankhar, N., Sandhu, V. and Mehla, S. (2024) Forecasting Electric Vehicle Sales with ARIMA and Exponential Smoothing Method: The Case of India. *Transportation in Developing Economies*, **10**, Article No. 32. <https://doi.org/10.1007/s40890-024-00216-y>
- [5] 周亚林,叶琴,郭杰,等. 基于机器学习的私人汽车保有量影响因素分析及预测——以新疆为例[J]. 交通运输研究, 2022, 8(4): 74-82.
- [6] 董晓红,冯芷蔚,张家安,等. 含非线性残差的新能源汽车规模预测方法[J]. 电力工程技术, 2022, 41(5): 76-84.
- [7] 王世进,蒯乐伊,赵丽君. 激励政策对我国新能源汽车推广应用的影响[J]. 技术经济, 2024, 43(4): 64-74.
- [8] 关于《上海市鼓励购买和使用新能源汽车实施办法》的政策解读[J]. 上海市人民政府公报, 2024(1): 30-32.
- [9] 戚宇辰,姜雨萌,李灏恩,等. 双碳目标背景下上海新能源汽车保有量及用电需求分析及预测[J]. 时代汽车, 2024(10): 114-120.
- [10] Gardner Jr., E.S. (2006) Exponential Smoothing: The State of the Art—Part II. *International Journal of Forecasting*, **22**, 637-666. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.005>