

新能源汽车能否降低环境污染？

王冠霖

西南民族大学经济学院，四川 成都

收稿日期：2024年2月23日；录用日期：2024年3月10日；发布日期：2024年4月12日

摘要

新能源汽车作为推动绿色发展以实现第十四个五年目标的重要工具，在新时代被委以重任。新能源汽车发展至今，是否能有效地改善环境质量是一个值得探讨的话题。介于此，本文在参照国内外研究成果并进行理论模型分析的基础上，以中国56个城市的空气质量指数为研究对象，采用双重差分法实证分析了新能源汽车是否有利于空气质量的改善。研究结果表明：新能源汽车对城市空气质量有显著的正向影响。进一步考虑异质性、内生性、政策干扰、替换被解释变量以及其他可能会对结论产生影响的情况后，新能源汽车对城市空气质量的促进作用依然稳健。最后根据研究结论提出应引导充电桩设施建设并根据各地实际情况完善相关法律体系以及推动行业技术创新三条相关建议。

关键词

新能源汽车，空气质量，双重差分模型，异质性分析

Can New Energy Vehicles Reduce Environmental Pollution?

Guanyi Wang

School of Economics, Southwest Minzu University, Chengdu Sichuan

Received: Feb. 23rd, 2024; accepted: Mar. 10th, 2024; published: Apr. 12th, 2024

Abstract

As an important tool to promote green development to achieve the 14th Five-Year Plan, new energy vehicles have been entrusted with important tasks in the new era. Since the development of new energy vehicles, whether they can effectively improve environmental quality is a topic worth exploring. Based on the research results at home and abroad and the theoretical model analysis, this paper takes the air quality index of 56 cities in China as the research object, and em-

pirically analyzes whether the new energy vehicles are conducive to the improvement of air quality by using the difference-in-difference method. The results show that new energy vehicles have a significant positive impact on urban air quality. After further considering heterogeneity, endogeneity, policy interference, substitution of explanatory variables, and other circumstances that may have an impact on the conclusion, the promotion effect of new energy vehicles on urban air quality is still robust. Finally, according to the research conclusions, three relevant suggestions are put forward: the construction of charging pile facilities should be guided, and the relevant legal system should be improved according to the actual situation of various places, and three relevant suggestions should be put forward to promote technological innovation in the industry.

Keywords

New Energy Vehicles, Air Quality, Difference-in-Difference Model, Heterogeneity Analysis

Copyright © 2024 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

伴随着我国经济的飞速发展带来的各地工厂数量以及燃油车保有量的日益增长, 各地频繁出现雾霾天气。根据国际环保组织绿色和平发布的《2017 年中国 365 个城市 PM 2.5 浓度排名》显示, 全国 365 个城市 PM 2.5 平均浓度为 $44.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 远高于世界卫生组织空气质量指南中的 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。中国生态环境部于 2021 年发布《全国生态环境简况》表示: 全国 339 个地级及以上城市中, 有 121 个城市空气质量不达标, 环境问题的日益凸显, 建立可持续长效环保机制迫在眉睫。新能源汽车行业扶持政策的发布顺应了时代潮流。我国新能源汽车扶持计划由 21 世纪初提出的“863”计划发展为如今以基建(充电设施)、财政补贴、销售扶持、研发支持、免费牌照为核心的较为完善的计划(侯言和于茜等) [1]。刁璐(2022) [2]指出新能源汽车扶持对居民购买意愿具有显著的正向影响, 并解释了背后的影响机制。

不断更替的《新能源汽车产业发展规划》意味国内新能源汽车市场的蓬勃发展, 从而减少传统燃油车尾气污染物的排放以改善空气质量。党的二十大报告中指出, “推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构等调整优化。发展绿色低碳产业, 加快节能降碳先进技术研发和推广应用, 倡导绿色消费, 推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式”在当前能源和环保双重压力下, 新能源汽车作为低碳经济的重要载体, 其在公共交通领域的推广与应用将成为绿色交通的首要发展方向。

2. 文献综述

对新能源汽车行业的重视是中国积极参与全球环境治理, 促进绿色发展的“中国方案”, 同时也引起了许多学者对新能源汽车对环境影响的研究。早些时间, 知乎文章《新能源汽车到底能不能节能减排》认为新能源汽车只是将污染从汽车转移到了火电站, 但其缺乏系统的数理分析。随后针对新能源汽车与空气质量关系的研究通常通过生命周期理论, 将新能源汽车分成生产到使用再到报废三个阶段, 分别计算其温室气体排放量。前有美国能源部所属的阿冈国家实验室提出了“从井到轮”即 WTW 评价体系以及基于此进行的新能源排量评估(梁时光和朱春红等, 2014) [3], 均忽略一个重要的问题, 锂电池污染。前有研究认为新能源汽车的废旧锂电池只会对土地于水资源造成污染, 荣如一在《废旧锂电池重金属污

染及其防治对策》[4]中指出废旧锂电池对空气质量具有显著的负面影响。后来的全生命周期评价办法完善了这个问题的(陈轶嵩和兰利波等, 2022) [5], 但其忽略了火力发电的转化问题及电力运输过程中的损耗, 从而总体上低估新能源汽车的排量(梁清茂, 2017) [6]。

本文的研究旨在探讨新能源汽车扶持政策提出以来空气质量的变化情况, 并以新能源汽车购买量显著的城市为研究对象, 检验新能源汽车是否有效促进了空气质量的改善。本文可能的创新之处主要体现在: ① 摒弃以传统的生命周期评价办法估算新能源汽车的温室气体排放量, 而主要 2013~2020 年间的 AQI 指数并构建双重差分模型进行分析。由于该方法不仅减少了测算方式疏忽的干扰, 还可以适用于所有新能源汽车车型, 从而进行从体上的分析(杨卫华等, 2014) [7]。② 避开政策延后性问题, 规划颁布于 2012 年, 传统的双重差分做法则会直接将 2012 年选作政策实行年, 这可能会出现没有理清政策什么时候开始真正地实施的问题, 或者说是具体实施情况没有深入、清晰的了解(黄炜和张子尧等, 2021) [8]。本文则根据全国新能源汽车年度销量选取正确年度(数据选自中汽协)(图 1), 从而得到更为正确的估计结果。据此, 选取 2015 年为政策实行年。

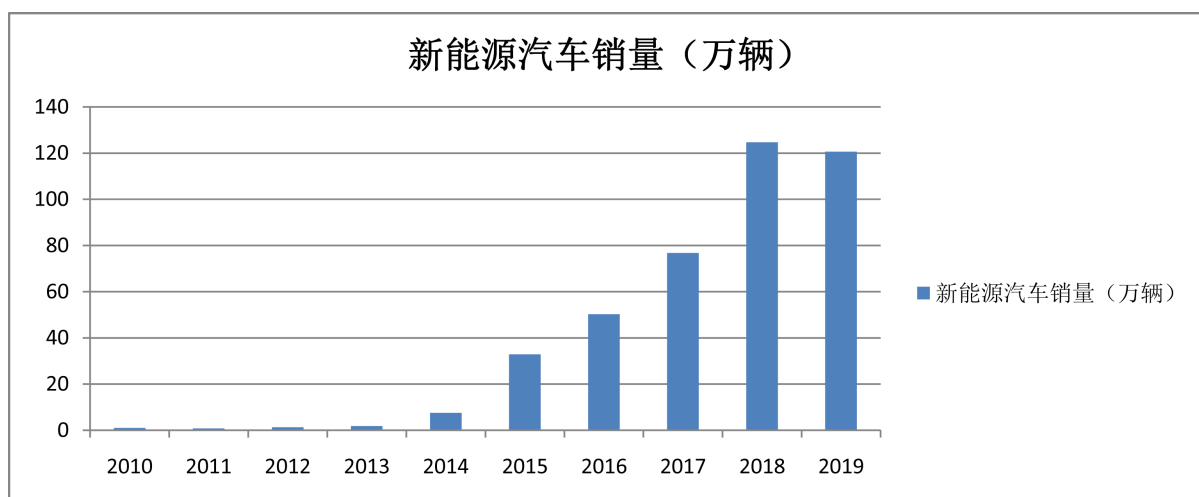


Figure 1. Sales volume of new energy vehicles in my country by year

图 1. 我国新能源汽车各年销量

基于对现有学术研究的梳理, 本文可能的边际贡献主要体现在: 第一, 在研究方式上更加侧重于宏观层面, 前有相关文献倾向于对排量进行异质性分析, 本文采用双重差分这一模型对新能源汽车与空气质量的关系进行整体层面的分析; 第二, 理论分析部分, 以往大部分文献, 主要是通过将相关具体数据带入碳排放计算模型, 算出传统燃油车与新能源汽车碳排放量后进行比较以得出结论, 本文做了更符合现实的假定并将污染转移问题纳入排量模型中, 研究新能源汽车对空气质量指数的影响机理。

3. 理论分析与研究假设

3.1. 实例分析

以深圳市为例, 2009 年开启新能源汽车推广工作; 2010 年起逐步推出各类新能源汽车; 于 2015 年开启绿色物流新时代; 2017 年, 全市实现公交电动化, 是全球纯电动公交车规模最大、应用最广的城市; 2018 年, 巡游出租车实现全面电动化, 深圳市成为国内唯一实现巡游出租车纯电动化的城市, 也是全球运营纯电动巡游车数量最大的城市。2019 年, 4300 辆纯电动泥头车率先投入运营, 深圳成为全球电动泥头车运营规模最大的城市。2020 年, 深圳市实现网约车、环卫车全面纯电动化。截至 2020 年底, 深圳

市新能源汽车保有量达到 48 万辆, 占全市机动车保有量约 14%。根据现有数据来看, 2015 年之前, 由于新能源汽车尚处在起步阶段, 深圳市空气质量指数在横向和纵向对比中都处在高位。2015 年后, 随着基础设施建设和补贴政策的持续推动, 新能源汽车逐渐普及, 空气质量指数以年均 8% 的速度开始下降, 这一趋势初步表明新能源汽车的引进与城市空气质量之间可能存在着关系。

3.2. 理论模型分析

我国目前对环境空气质量好坏的判别主要以 SO_2 、 NO_2 、PM 10、CO、 O_3 、PM 2.5 这六个指标为主。传统燃油车尾气排放因子主要由 CO 与 NO_2 构成, 因此, 采用新能源汽车以替代传统燃油车所减少的尾气排放是否能最终实现改善空气质量这一个目的, 还得依据 AOI 指数变化来判定。中国《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(HJ633-2012)中空气质量指数的计算方式采用一维线性插值法, 通过计算每种污染物的 IAQI (Individual Air Quality)指数值, 选取最大的指数作为当日的 AQI。计算公式如下:

$$\text{AQI} = \max \{ \text{IAQI}_1, \dots, \text{IAQI}_n \} \quad (1)$$

$$\text{IAQI}_p = \frac{\text{IAQI}_{hi} - \text{IAQI}_{lo}}{BP_{hi} - BP_{lo}} \times [C_p - BP_{lo} + \text{IAQI}_{lo}] \quad (2)$$

蒋泽熹(2023) [9]分析了近年来上海市环境空气质量特征, 同时分析了大气中主要污染物在不同 AQI 下的变化情况, 以阐明大气污染物之间的相互关系, 得出了 IAQI_m 与 IAQI_n 之间存在着一定程度的正向相关性且 IAQI_{co} 越来越在 AQI 的核算中占据主导作用, 这里假定一个城市在不存在其他可能对空气质量造成影响的主体的理想情况下, 可认为:

$$\frac{\partial \text{AQI}}{\partial \text{IAQI}_{co}} > 0 \quad (3)$$

因此, 在本文假定的理想情况下, 空气污染成分中汽车尾气排量的变化会对空气质量指数产生影响。

基于此, 本文提出如下假设:

假设: 新能源汽车的引进能够对某市的空气质量指数产生影响。

4. 研究设计与描述性统计

根据上述理论模型的分析, 通过构建实证模型来进一步探讨新能源汽车是否有利于空气质量的改善。

4.1. 实证模型设计

参照中汽协发布的《各市新能源汽车购买力占比》、达式数据与《XX 市统计年鉴》公布的各市新能源汽车保有量, 根据相对购买力大小与保有量设为实验组与控制组采用双重差分法并以 2015 年作为事件实际发生年作准自然实验研究新能源汽车对各城市空气质量指数影响作用。将购买力相对显著的 28 个城市作为实验组¹, 相对不显著的 28 城市作为控制组², 构建以下双重差分模型:

$$y = \alpha + \beta \text{treat} * \text{post} + X_{it} \gamma + \sigma_i + \theta_t + \mu_{it} \quad (4)$$

$$\text{treat} * \text{post} = \text{treat}_i \times \text{post}_t \quad (5)$$

其中, (4)式为考虑了年份和企业固定效应的双重差分估计模型。模型中 y 表示空气质量指数; post_t 为处理效应时期虚拟变量, 具体地, 本文将 2015 年及之后赋值 1, 之前则为 0。 treat_i 为处理组虚拟变量, 表

¹ 处理组组城市为: 南京、北京、上海、成都、杭州、济南、深圳、广州、东莞、无锡、徐州、宁波、温州、佛山、中山、苏州、南通、盐城、扬州、泰州、嘉兴、湖州、福州、泉州、青岛、烟台、内江、南充。

² 控制组城市为: 遵义、上饶、昆明、太原、大庆、银川、汕头、镇江、德阳、眉山、天水、四平、辽源、松原、西宁、曲靖、安顺、大同、朔州、忻州、阳泉、长治、临汾、包头、鄂尔多斯、乌海、中卫、石嘴山。

示城市是否属于新能源汽车购买量显著的城市,若显著则设定为 1,否则为 0。 $treat_i \times post_t$ 即为双重差分的交互项,用于估计新能源汽车对环境的影响。 X_{it} 是一组随时间变化的城市特征变量。 φ_t 和 α_i 分别用于控制年度固定效应和城市固定效应, ε_{it} 为随机误差项。 β 是这里最关注的估计系数,其经济含义在本模型中为新能源汽车对空气质量指数的影响。此外,模型估计中的标准误在城市层面进行聚类处理。

4.2. 变量和数据

(1) 被解释变量(空气质量状况)。考虑到结果的稳健性,本文将从两个方面来测度空气质量的变化:空气质量指数(AQI)、可吸入颗粒物(PM 10)。其中,13 年数据的部分缺失值均由 Ebenstein (2015) [10]与宋弘(2019) [11]所采用的办法由空气污染指数(API)转化得到。其他年份数据均由空气质量在线监测分析所提供的月度数据平均得到。

(2) 政策事件相关变量。本文在城市—年份两个维度构建双重差分模型,来识别新能源汽车对空气质量的影响。具体而言:① 是否为新能源汽车购买量显著城市($treat_i$)。本文基于中汽协发布的新能源汽车购买力占比,可以大致确定购买量显著的 28 个城市。② 是否为政策(规划实际生效)发生后($post_t$),这里由全国新能源汽车各年实际销量来定,确定 2015 年为政策事件开始发挥影响的起始年份。

(3) 控制变量。考虑新能源汽车购买量显著城市并非完全随机,其与非显著城市存在着诸多差异,且有些差异在政策执行年之前就已经存在。本文的控制变量 X_{it} 的选取与该城市能否被选取为新能源汽车购买量显著城市密切相关,通过分析相关的影响因素,最终确定的控制变量主要包括:① 是否为一线或新一线城市。② 人均 GDP。③ 产业结构,以城市第二产业产值占地区生产总值比重作为代理变量。④ 财政依存度,以城市 GDP 中的地方政府一般公共预算占比来表示。⑤ 技术创新,采用城市各年份专利申请数量作为代理变量。本文认为,新能源汽车引进范围包括全国各地,而一线和新一线城市本身属于各省份的发展核心,更可能先一步将新能源汽车相关政策提上日程。与此同时,各市地区生产总值与其燃油车保有量高度相关(郁烨和汤三红,2021) [12],燃油车保有量较高的城市更会倾向于积极引进新能源汽车。但由于各市汽车保有量数据缺失,故采取地区生产总值作为代理变量。产业结构与财政依存对居民新能源汽车具体扶持力度息息相关。此外,通过分析相关官方文件,技术创新意愿越高的地区对新能源汽车一类高新产品具有更强的偏好。

4.3. 数据来源

本文初始数据主要来自空气质量在线检测分析平台。该数据包含空气质量状况各项指标详细信息,并被广泛地运用于空气质量的相关研究中,与此同时,由于样本量巨大也能够较好地发挥大数据的优势。具体而言,在基准分析中,本文将平均化后 2013~2020 空气质量年度指数与 EPSDATA、《中国城市统计年鉴》中的城市层面经济指标相匹配,据此检验新能源汽车对空气质量状况的影响。在运用线性插值法补偿缺失数据和删除异常数据之后,最终本文的分析数据共包括了 8 年间的 56 个城市的观测样本,这些城市广泛分布在国内各地。此外为了避免异常值的影响,本文对各类指标左右两端均进行了 1%的缩尾处理;技术创新代理变量专利申请数据缺失严重,本文据其仅有 17~19 年数据计算均值作为各自权重来代表该市技术创新能力。

5. 实证结果分析

5.1. 平衡性检验

参考 Gentzkow (2006) [13]的做法,本文考察了加入各控制变量后,控制组城市与处理组的差异性变化。首先,从这两组城市的统计特征看:处理组城市包含一线或新一线城市,而控制组城市均属于一线

开外城市；控制组 2015 年地方财政一般预算内支出与收入之比平均值为 1.1233，地方财政负担较小。而非一线或新一线该指标的比值平均为 1.9166，地方财政负担较大，表明新能源汽车政策优惠力度上控制组城市更游刃有余；处理组城市 2015 年的地区生产总值均值为 72.33 百万元，显著高于控制组城市的 25.16 百万元；就工业烟粉尘排放量而言，控制组以 49.83 千吨的均值显著高于处理组的 25.16 千吨。通过以上分析可以看出，控制组城市更可能为各省的发展核心，并且能更积极参与新能源汽车发展政策，其大多数财政负担较低，财政赤字较小，地区生产总值较高，且烟粉尘排放更为严重。

在加入控制变量后，控制组和处理组城市在各项指标上所存在的差异缩小了，经济特征更加平衡，这为后续的实证分析提供了支持。

5.2. 基准回归

本部分通过构建双重差分模型(DID)来评估新能源汽车对空气质量指数的影响。估计结果如表 1 所示。第一列回归加入了控制变量且控制了这些变量的线性时间趋势，结果表明：新能源汽车显著改善城市的空气质量。当前中国正处于转换增长动力的攻关期，经济下行压力较大。重视绿色高质量发展符合中国现有的经济形势要求。

Table 1. Baseline regression results
表 1. 基准回归结果

被解释变量:	AQI (1)	AQI (2)
did	-11.043*** (2.2597)	-12.256*** (2.166)
lngdp	-14.059*** (5.5282)	
ct	-4145.346* (2263.127)	
sg	0.4379381*** (0.169)	
eg	0.105 (0.240)	
inno	46.1952** (24.819)	
cons	69.345*** (28.264)	131.478*** (3.809)
个体、时间效应	是	是
控制变量	是	否
N	448	448

注：① ***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著，括号内为标准误(以下各表相同)。② ct 代表是否为一线或新一线城市；sg 代表第二产业增加值占地区生产总值比重；eg 代表财政支出占地区生产总值比重；inno 代表城市创新水平。

6. 稳健性检验

6.1. 平行趋势检验

在基准分析中，本文识别了新能源汽车对空气质量指数的因果效应，但是这里依然需要进行双重差

分模型的平行趋势检验，以此来证明结果的有效性。图 2 与图 3 分别显示了本文双重差分模型的平行趋势检验结果。分析结果表明，2015 年前处理组与控制组拥有相同的发展趋势，因此本文结果通过了平行趋势检验。

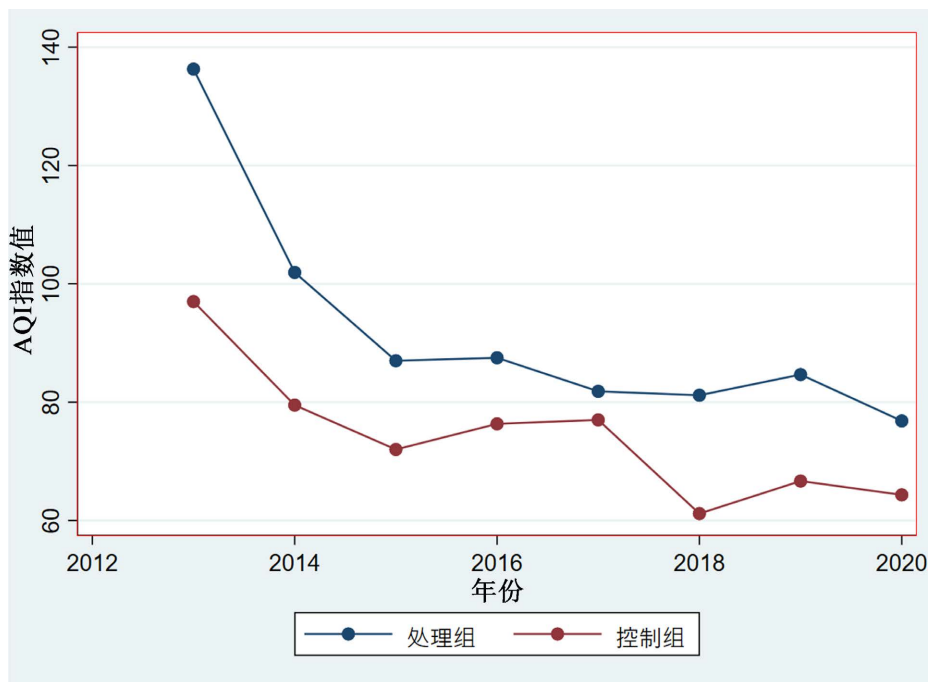


Figure 2. AQI trend chart

图 2. AQI 趋势图

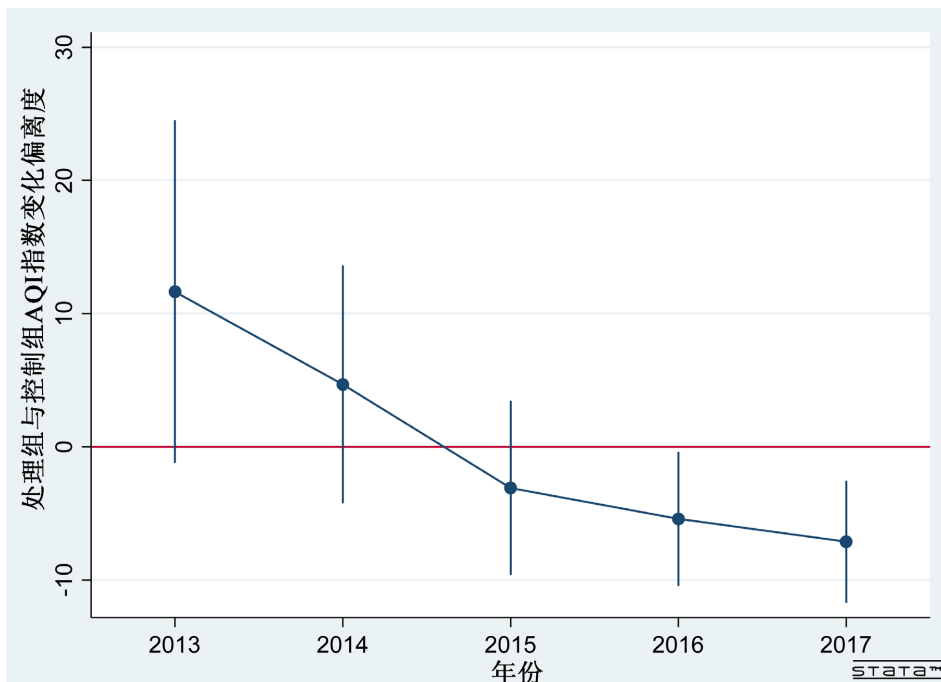


Figure 3. Parallel trend test

图 3. 平行趋势检验

6.2. 稳健性检验

(1)安慰剂检验。为了评估上述结果受遗漏变量和随机因素的影响程度,参考 La Ferrara *et al.* (2012) 的做法,本文通过随机“筛选”“规划”倡议处理组城市并随机产生改革时间,据此构造了改革时间—城市两个层面随机实验。接下来按照表 1 的第(1)列进行回归,根据虚假实验得到基准回归估计系数的概率来判断结论的可靠性。为了进一步增强安慰剂检验的效力,将上述过程重复 500 次,最后绘出系数 $treat * post$ 的估计系数分布图。基于此来验证空气质量指数是否显著受到除新能源汽车外的其他因素的影响。若随机处理下 $treat * post$ 的估计系数分布在 0 附近,即意味着模型设定中并未遗漏掉足够重要的影响因素,换言之,基准分析中的影响效应的确是由于本文关注政策发生带来的结果。图 4 汇报的估计系数分布图可看出,虚假的双重差分项的估计系数集中分布于 0 附近,表明在模型设定中并不存在严重的遗漏变量问题,核心结论仍旧稳健。

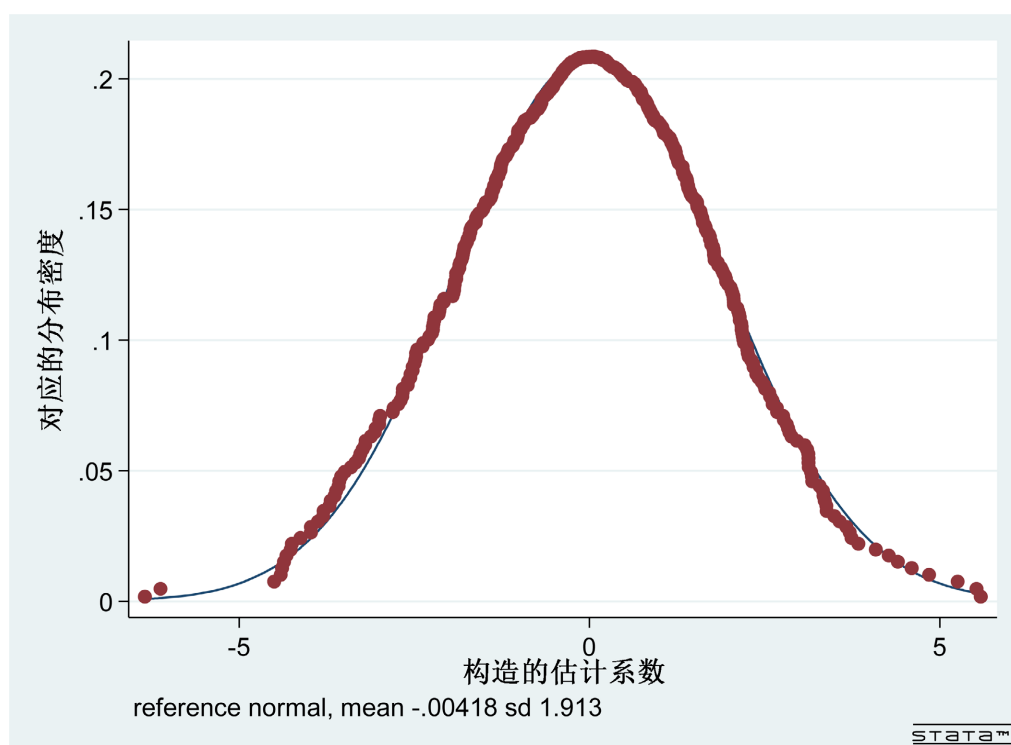


Figure 4. Placebo test

图 4. 安慰剂检验

(3) 考虑同期干扰政策影响。2013 年前后,中国正经历一轮严重、恶劣的雾霾天气,且“规划”倡议正是在此背景下产生的。但与此同时,为了更进一步推动空气污染治理,于 13 年左右启动了一轮强硬的严控措施,重点着手于工厂的限排以及废气去除。由于该政策很可能对空气质量指数产生影响,从而减少本文研究结果的可信度,故本节将尝试减少这些政策的影响。

具体做法为依据选自 EPSDATA 的各市工业烟粉尘排放量去除其中排量相对显著的城市(在保证足够样本数量的前提下)。显然各市工业烟粉尘排放量与其排污工厂数量显著正相关,因此,排量越大的城市,受同期政策干扰程度越大,因此考虑将其从样本剔除已排除同期干扰政策的影响(各市烟粉尘排量情况见图 5)。

在剔除样本中 ise 均值超过 30 kt 的样本并保持平衡与足够样本的数量的前提下,构建特定条件下的

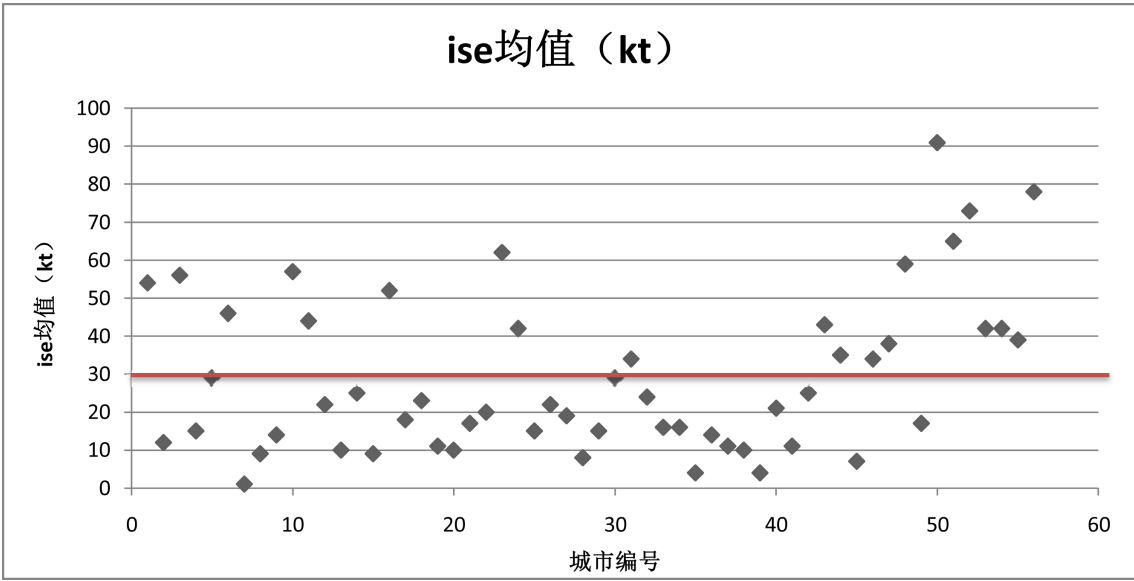


Figure 5. Average annual industrial smoke and dust emissions during the observation period for each city in the original sample
图 5. 原样本各市观测期间年度工业烟粉尘排放量均值

Table 2. Regression results after considering the interference policy in the same period
表 2. 考虑同期干扰政策后的回归结果

被解释变量:	AQI (1)	AQI (2)
did	-9.339*** (2.478067)	-11.225*** (2.476)
lngdp	-28.927*** (6.791)	
ct	-3699.32** (1678.372)	
sg	0.526*** (0.195)	
eg	0.323 (0.261)	
inno	18.605** (8.228)	
cons	123.501*** (18.234)	145.469*** (3.789)
个体、时间效应	是	是
控制变量	是	否
N	320	320

注：第(1)、(2)列分别为添加、未添加控制变量后的回归结果。

处理组³与控制组⁴，再按 4.2 的方式进行回归，回归结果如表 2 所示。

³ 处理组为：北京、成都、杭州、深圳、广州、东莞、宁波、温州、佛山、中山、南通、盐城、扬州、泰州、嘉兴、湖州、青岛、烟台、内江、南充。

⁴ 控制组为：遵义、上饶、昆明、太原、大庆、银川、汕头、镇江、德阳、眉山、天水、四平、辽源、松原、曲靖、安顺、大同、朔州、阳泉、中卫。

回归结果显示系数依然显著为负。综合以上分析，本节在排除同时期的相关政策影响后，核心结果依旧十分稳健，这也再次佐证了本文结果的可靠性。

7. 结论及政策建议

7.1. 主要结论

本文以新能源汽车购买量显著的城市为研究对象，对其空气质量指数的变化进行了定量分析，以探究新能源汽车是否有助于减轻空气污染。研究表明，新能源汽车购买量显著的城市其空气质量显著改善。上述结论在平行趋势检验、安慰剂检验等一系列稳健性测试中依然成立。

需要特别说明的是，限于数据的可获得性，本文评估的实际上依然是新能源汽车对中国空气质状况的一种短期效应。而事实上可能需要经过一段更长时期才能呈现整个政策效应的全貌，因此，针对这一主题的长期效应评估依然是未来可以继续推进的一个方向。

7.2. 政策建议

(1) 结合李晓明等(2023) [14]的研究成果，加大充电基础设施建设力度，提高新能源汽车使用便利程度。目前我国公共充电桩数量较少且分布不均，导致很多消费者购车后无法方便地安装私人充电桩。应加强引导和支持，鼓励企业加快布局公共充电网络，同时优化停车位资源利用规划，为居民提供更多车位选择，从而增加新能源汽车的使用率。

(2) 完善相关标准法规体系，规范市场秩序。当前新能源汽车产业发展迅猛，但与此相伴随的问题也不少，如电池寿命短、安全性能差等等。这些问题严重制约着新能源汽车行业健康有序发展，亟待解决。应当积极制定并实施相应的标准法规，建立健全监管机制，保障消费者权益，促进新能源汽车产业持续稳定发展。因企施策，因地制宜，精准施策。应进一步调整“扶持性”政策“选企业”补贴的偏向性，减少甚至消除对特定主体的补贴，确保公平竞争，坚持“门槛性”政策标准的“无差异性”；充分给予成长型企业政策和资金支持，制定适当的技术标准，激励衰退期企业研发创新，维持市场竞争地位。在不同市场化水平地区，基于区位优势和资源禀赋优势，对“扶持性”与“门槛性”政策的配置进行调整：推动欠发达地区新型电力系统和充电桩的建设，填补县城、乡镇充电基础设施建设的空白，开展新能源汽车下乡活动；取消新能源汽车市场的地方保护，逐步取消各地新能源车辆购买的限制。对于交通承载压力不同地区，根据市场与产业发展情况优化布局，推动新能源汽车行业进入“全面市场化+高质量自主发展”的新阶段。

(3) 推动技术创新升级，提升新能源汽车核心竞争力。新能源汽车作为新兴产业，必须坚持自主研发与科技创新双轮驱动，才能实现长远发展。分类有序推进新能源汽车产业政策。在实施“扶持性”政策时，充分发挥资源补偿在推动企业创新方面的积极作用；注重补贴、税收减免等对企业既有资源的影响，减少企业对补助的依赖；充分利用外部资源条件攻关核心技术，通过自主创新追求技术和市场共同领先，打造独特竞争优势。实施“门槛性”政策时，坚持政府引领和市场主导，形成良性市场竞争机制，努力营造公平的市场环境，使企业技术研发的选择与“门槛性”政策目标相契合。

7.3. 展望与不足

本研究存在一些局限性。首先，受限于数据来源，我们未能考虑到其他因素诸如人口密度、经济水平对空气质量的影响；其次，我们只选取了部分典型城市作为样本，结果具有一定的地域局限性。最后，虽然我们通过多种方法验证了研究结论的可靠性，但仍有许多未知变量需要进一步探究。后续研究可以进一步扩大样本范围，采用多种方法深入探究新能源汽车对环境的影响机理。

参考文献

- [1] 侯言, 于茜, 冯苏伟. 我国新能源汽车产业扶持政策演进路径分析[J]. 经济与管理科学, 2022(6): 195-198.
- [2] 刁璐. 重庆市居民新能源汽车购买意愿的政策激励研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [3] 梁时光, 朱春红, 李婕, 等. 基于生命周期的新能源汽车的评价研究[J]. 河南科技, 2014(15): 212-213.
- [4] 荣如一. 废旧锂电池重金属污染及其防治对策[J]. 中国金属通报, 2018(8): 88, 90.
- [5] 陈轶嵩, 兰利波, 郝卓, 等. 面向碳中和的新能源汽车全生命周期评价研究综述及趋势展望[J]. 汽车工程学报, 2022, 12(4): 360-374. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1469.2022.04.03>
- [6] 梁清茂. 电力输送过程中线损的降低研究[J]. 数字通信世界, 2017(9): 25, 43.
- [7] 杨卫华, 初金凤, 吴哲, 等. 新能源汽车碳减排计算及其影响因素分析[J]. 环境工程, 2014, 32(12): 148-152.
- [8] 黄炜, 张子尧, 刘安然. 从双重差分法到事件研究法[J]. 产业经济评论, 2022(2): 17-36.
- [9] 蒋泽熹. 上海市环境空气质量变化及其 AQI 模型[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2023.
- [10] Ebenstein, A., Fan, M., Greenstone, M., He, G., Yin, P. and Zhou, M. (2015) Growth, Pollution and Life Expectancy: China from 1991-2012. *The American Economic Review*, **105**, 226-231. <https://doi.org/10.1257/aer.p20151094>
- [11] 宋弘, 孙雅洁, 陈登科. 政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J]. 管理世界, 2019, 35(6): 95-108.
- [12] 郁烨, 汤三红. 汽车保有量影响因素的车辆类型差异研究[J]. 江苏警官学院学报, 2022, 37(1): 91-94.
- [13] Gentzkow, M. (2006) Television and Voter Turnout. *Quarterly Journal of Economics*, **121**, 931-972. <https://doi.org/10.1162/qjec.121.3.931>
- [14] 李晓敏, 刘毅然. 充电基础设施对新能源汽车推广的影响研究[J]. 中国软科学, 2023(1): 63-72.