

涉密论文 ☐ 公开论文 ☐

浙江大學

本科生毕业论文（设计）



题目 新能源汽车“里程焦虑”现象研究
——基于断点回归的实证分析

姓名与学号	刘士平 3210105504
指导教师	罗卫东
年级与专业	2021 级经济学
所在学院	经济学院
提交日期	2025 年 6 月 4 日

致 谢

四年大学生活如白驹过隙，回想起四年前收到浙江大学录取通知书的那一刻我是多么热泪盈眶，现在临别之际我就有多么恋恋不舍。“灿若星辰的浙大人”，不仅是对我求学十几年以来最有力的肯定，也是对我未来漫漫人生路上最厚重的祝福。

浙江大学紫金港校区为我的四年大学生活提供了世界一流的校园环境。四季分明的校园景观、波光粼粼的启真湖、古色古香的经院大楼，还有段永平教学楼、主图书馆的陆续建成，能够在这样的校园中学习是何等幸运的一件事。除了“硬件设施”，在浙江大学我还遇到了志同道合的伙伴。大一时，我加入了丹青学生会的体育部，在干事们的齐心协力下，我们承办了多姿多彩的体育活动；我还成为了浙江大学口才中心口才与思辨学生工作团队的一员，参与了许多辩论活动，这对我的价值观塑造起到了极大的促进，也因此结识了很好的朋友。我想借此感谢这一段相遇，你们在我人生成长的关键期帮助我培养自己的智识与情商，让我更好应对未来的挑战。

我与经济学的缘分起乎于高中时期，在大学里，我对经济学的认识也不断地深化。起初我着迷于经济学严谨的理论框架和精妙的数学模型，感叹于“大道至简”的智慧。然而在大二时，罗卫东老师的一堂《经济思想史》使我对以数理公式为基础的主流经济学产生了反思。我更深刻地认识到了人类社会的复杂性，而这是主流经济学现行的研究方法无法刻画和穷尽的。罗老师在课堂上引经据典、侃侃而谈，每每讲到精彩处，我都不自觉为罗老师渊博的学识所折服。由此我下定决心，定要拜在罗老师门下向老师继续求学。最终得以如愿以偿。临近毕业，如果再一次问我对经济学研究的看法，我会将之称为“戴着镣铐跳舞”，这意味着我们都否用有限的经济学方法和数据，揭示出人类社会中的那一点“可爱”的现象，这便是一名经济学工作者爱人类的一种方式。

在毕业论文撰写之际，罗老师给予我极大的帮助与支持。学生愚钝，无法就开题时定下的宏伟的课题目标深入研究下去，罗老师给予了我指导和鼓励，使我最后成功完成了一份标准的经济学本科论文。那些我目前无法解决的大问

题，相信在我未来的探索中会逐渐得到答案。

最后，回顾我的求学生涯，离不开父母、祖父母和其他亲朋好友们的支持。我时常会遇到生活中遭遇的小挫折与不如意，自嘲自己少了点被上天眷顾的“小运气”。但是放眼我目前遇见的所有人生的重大关头，却又是非常地幸运，难以细数，难以言尽。我难以想象如果真的有所谓的“平行世界”，我会比现在所处的这个世界更快乐，更幸福。谨以此篇纪念我的本科四年时光。

摘 要

本文研究了因新能源汽车充电时间长、续航里程有限带来的“里程焦虑”现象，探究其对家庭长距离自驾出行行为的影响。本文使用2024年春节期间每日城市间人口迁徙数据，采用多种计量经济学方法实证分析。本文首先建立理论模型，并通过OLS回归初步得到结论：居民旅行自驾出行意愿和出发城市与目的城市新能源汽车普及率呈负相关关系——出发地新能源汽车普及率每上升1%，自驾出行决策比例将下降约0.29%；目的地新能源汽车普及率每上升1%，自驾出行决策比例将下降约0.12%。本文进一步以300公里为断点构建断点回归模型。全局断点回归模型表明，对于新能源汽车普及率超过20%的城市，一旦出行距离超过300公里，自驾出行比例将会减少约6.12%；而在新能源汽车普及率较低（ $\leq 5\%$ ）的城市中，断点处理效应不显著。局部断点回归模型进一步证实了该结论。本文通过一系列有效性检验和稳健性检验确保了结果的可靠性。最后，本文异质性分析部分研究了大年初一前后出行模式的差异，以及出发地与目的地经济发展水平的差距对出行决策的影响。研究发现，在年后返程中，经济发达地区城市对于欠发达城市居民的吸引力能够一定程度上缓解“里程焦虑”的负面效应，即居民自驾意愿有所上升。

关键词：新能源汽车、里程焦虑、出行决策、断点回归

Abstract

This paper studies the “range anxiety” phenomenon caused by the long charging time and limited battery range of new energy vehicles (NEVs), and investigates its impact on household long-distance self-driving travel behavior. Using daily inter-city population migration data during the 2024 Spring Festival, we conduct an empirical analysis employing various econometric methods. We first establish a theoretical framework, and then use OLS regression to find that the proportion of self-driving travel is negatively correlated with the NEV penetration rates in both departure and destination cities: for every 1% increase in the NEV penetration rate in the departure city, the proportion of self-driving travel decreases by approximately 0.29%; for every 1% increase in the destination city, it decreases by about 0.12%. We further apply regression discontinuity designs, taking 300 kilometers as the cutoff point. The global regression discontinuity model shows that in cities where the NEV penetration rate exceeds 20%, once the travel distance surpasses 300 kilometers, the proportion of self-driving travel drops by about 6.12%, whereas in cities with a lower NEV penetration rate ($\leq 5\%$), the discontinuity effect is not significant. The local regression discontinuity model further confirms these findings. We conduct a series of validity and robustness checks to ensure the reliability of the results. Finally, the paper conducts a heterogeneity analysis to study the differences in travel patterns before and after the first day of the Lunar New Year, as well as the impact of the economic development level gap between the departure and destination cities on travel decisions. The study finds that during the post-holiday return period, the attractiveness of economically developed cities to residents from less developed cities can partly offset the negative effects of range anxiety, leading to a higher willingness to self-drive.

Key words: New energy vehicles; Range anxiety; Travel decision-making; Regression discontinuity design

目 录

第一部分 毕业论文（设计）

致谢	I
摘要	III
Abstract	IV
目录	V
1 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的和意义	2
1.3 研究结构安排	2
1.4 论文创新点与不足	2
1.5 论文核心结论	3
2 文献综述	4
2.1 时间分配理论	4
2.2 离散选择模型	4
2.3 交通需求理论与模型	4
2.4 里程焦虑	5
2.5 断点回归	6
2.6 总结	6
3 理论模型	7
4 研究数据	10
5 实证结果与分析	13
5.1 OLS 模型	13
5.1.1 OLS 模型结果与分析	13
5.1.2 OLS 模型的内生性问题	14
5.2 断点回归模型	15
5.2.1 全局断点回归模型	15
5.2.2 局部断点回归模型	17

5.3 断点回归模型的有效性检验	20
5.3.1 局部平滑假设的检验	20
5.3.2 驱动变量不受人为控制的检验	20
6 稳健性检验与异质性分析	22
6.1 稳健性检验	22
6.1.1 样本选择的安慰剂检验	22
6.1.2 带宽选择的敏感性检验	22
6.1.3 断点选择的敏感性检验	22
6.2 异质性分析	23
7 结论与讨论	26
参考文献	27

1 引言

1.1 研究背景

近年来，我国新能源汽车行业迎来了蓬勃发展的黄金时期，彻底扭转了十多年前汽车行业缺乏竞争与活力的局面。从市场份额而言，新能源汽车曾经是一个边缘化市场，但现在开始成为我国汽车市场的主流发展方向。例如，在2024年3月28日的小米汽车发布会上，小米科技董事长雷军公开宣布推出小米SU7新型电动汽车。这标志着这家科技巨头正式进军新能源汽车赛道。小米SU7的亮相引发了社会的广泛关注。然而，小米SU7只是新能源汽车产业发展的冰山一角，汽车厂商如比亚迪、蔚来、小鹏，乃至特斯拉在国内汽车市场的销量来看，未来几年内新能源汽车必将霸占国内汽车市场，新能源汽车逐渐取代传统燃油车已经势在必行。

而在国家层面，对新能源汽车发展的政策支持力度也在进一步加大。为摆脱我国石油对外依存度自2005年来持续走高的困境，同时践行“碳达峰”与“碳中和”的“双碳”战略目标，我国政府出台了一系列新能源汽车激励措施，做出应对全球气候变暖的大国表率。这其中包括了新能源汽车消费的补贴政策、购车减税政策、加速电动车充换电设施的建设等措施，推动新能源汽车走入千家万户。然而，新能源汽车的发展也带来了一些问题，其中最受大众广泛共情的问题之一便是“里程焦虑”现象。这一现象潜移默化地影响了人们的出行方式，特别是选择何种交通工具出行的决策。

具体而言，新能源电动汽车与传统内燃机汽车的供能方式不同是导致影响人们出行偏好的一个重要原因。根据广大消费者反馈，新能源汽车单次充电的平均续航里程约为300~400公里，相比燃油车加一次油后的平均续航里程相差不大。然而，充电与加油所耗费的时间差异是巨大的。新能源电动汽车充电时间短则30分钟（快充），长则8个小时（慢充），而传统燃油车在加油站加一次油则仅需3至5分钟。如此一来，这一时间上的差距可能会对长距离旅行的交通决策产生影响。例如，一个在杭州的家庭计划前往合肥旅游，两个城市的陆地距离约为420公里。如果家庭持有的是燃油车，中途可能只需要停靠一次加油站加一次油即可，所花费的额外时间不过几分钟；然而，如果家庭持有的是新能

源汽车，那么在中途可能需要考虑到使用充电桩进行充电，预计等待时间可能长达几个小时，因而家庭可能会转而选择铁路、飞机等方式出行。此外，根据新能源汽车消费者反馈，在冬天寒冷的时候，电动汽车的电池性能可能会缩水20%~30%，进一步使得家庭自驾出行的意愿降低。这就是本文所想要探讨的“里程焦虑”现象。

1.2 研究目的和意义

近年来，已有的文献研究方向大多是从新能源汽车销量上升及由此导致的与燃油车之间的替代效应，且重点在城市内部短途通勤情景下其经济效益和环保效益等方面来进行研究。还有文献研究的是新能源汽车对于企业绩效增长的研究。而针对长途出行背景下新能源汽车普及率对居民交通工具选择的影响尚未得到充分探讨。传统研究往往假定新能源汽车与燃油车属于同类交通工具，可相互替代，实际上忽略了自身充电耗时及续航里程的局限性对交通工具选择偏好的负面影响。为此，本文就新能源汽车何以影响长途出行的交通工具选择问题作为研究对象，旨在为新能源汽车“里程焦虑”现象是否存在提供经验证据，填补理论研究的空白。

1.3 研究结构安排

本文的结构安排如下：第1章引言介绍研究背景、研究目的以及主要创新点及不足；第2章对现有文献进行综述；第3章建立理论模型并解释断点效应；第4章介绍研究数据来源和变量定义；第5章为OLS模型与断点回归模型分析；第6章进行稳健性检验和异质性分析；第7章总结研究主要发现。

1.4 论文创新点与不足

如1.2节所言，本文在理论上最大的创新点是填补了在我国大规模推广新能源汽车的大背景下，缺乏“里程焦虑”现象的实证证据这一理论空白。在方法论上，本文创新性地使用断点回归这一因果识别策略研究交通工具选择问题，简洁明了地揭示了长于一个续航里程的自驾旅行中存在的里程焦虑问题。

本文也有一定的不足之处，主要集中在断点回归模型的科学性上。其一是关于断点选择的精确性上，300公里仅是一个平均而言的较为模糊的选择，并不完全满足精确断点回归的适用条件。其二则是研究未完全考虑到各地新能源汽

车型号分布的差异问题。由于不同型号的新能源汽车在续航里程上可能存在差异，故在断点选取上“一刀切”的策略可能不是一个明智的选择。

1.5 论文核心结论

本文的核心结论是家庭持有新能源汽车会降低该家庭长距离出行自驾的可能性；反映在宏观层面，则是新能源汽车普及率越高的城市中，居民长距离出行选择自驾的可能性越低。

2 文献综述

2.1 时间分配理论

交通出行方式选择，或称模式选择（Mode Choice）研究的理论基础可追溯至Becker（1965）提出的时间分配理论。Becker开创性地将时间作为一种稀缺资源引入经济分析的范畴，提出了时间和金钱收入的双重约束，考虑了选择和时间之间的机会成本关系，并证明消费者在时间和金钱收入约束的环境下做出最优分配和决策，从而最大化自己的效用函数。Donnea（1972）进一步发展了Becker的理论，他认为时间作为消费活动投入属于“正效用”，而特定条件下花费时间是一种“负效用”。他视消费者为生产消费活动的“单位”，一个消费过程由投入商品、服务和时间等部分组成。Small（2012）分析了消费者的收入、工作和时间偏好等对其节约出行时间意愿的影响。根据已有理论基础可知，时间是交通出行方式的决策的一个很大的影响因素。

2.2 离散选择模型

在此基础上，交通方式选择研究的另一个里程碑是McFadden（1974）提出的条件Logit模型（Conditional Logit Model）。条件Logit模型基于微观个体的随机效用最大化原则，分析了一组出行方式（如驾驶燃油汽车、电动汽车、公共交通等）的选择决策过程，其中效用由可观测成分（时间成本和金钱成本等）和不可观测成分（舒适程度偏好与方便性偏好等）组成。

大量的离散选择模型自此不断发展。例如，Zhou等（2024）结合累积前景理论（Cumulative Prospect Theory），研究了风险与不确定性下非理性决策者的行为，发现了人们对于获取的收益、收益的损失是不敏感的，并且为了避免损失，人们倾向于规避损失，这被称为“非对称偏好”。

2.3 交通需求理论与模型

交通需求是一种“派生需求”，即满足人们参与各种活动的需求。Miller和Roorda（2007）提出的多伦多家庭代理地区调度模型（TASHA）强调了家庭内部成员间的交互会对交通选择产生影响。Miller等（2005）基于行程链建立了一个家庭模型，考虑了家庭成员间竞争性的需求。研究认为如果采用汽车出行，

整个行程链需保持“一致性”。然而，这个模型对出行目的分类过于简单，仅包括旅游目的和因公出差目的，因此具有一定的局限性。

在交通方式选择模型的研究上，Li和Yang（2016）建立数学模型研究“双式联运”系统中旅行成本最小化问题。研究发现居民乘坐需求和车辆规模会影响系统的稳定性。Zhao等（2024）建立了演化动力学模型，使用金钱、时间和舒适度三个维度定义了“选择效用”，并以北京的数据进行了实证分析。这一研究主要针对城市的日常出行。Zhou等（2024）将出行旅程时间分别划分为接驳时间、等待时间、车内时间、停车时间，利用北京637个人的随机参数Logit模型，估计出各类交通出行模式的影响因子。Muro-Rodríguez等（2017）以托莱多-马德里走廊内的短途交通为研究对象，分析比较了人们是如何在高铁、公交和汽车之间进行选择的。

2.4 里程焦虑

本文的研究主题“里程焦虑”也是学界的一项重要的研究议题，主要将其定义为一种驾驶人因电池容量不足而担心无法到达目的地的心理障碍。例如，Thorhauge等（2024）利用适应性选择实验，探究在长距离路程中的里程焦虑问题。他们首先假设决策者具有完全的预见性，即能够在路线上遇见并选择充电地点，或将充电推迟到后续阶段。研究进而通过丹麦的数据，建立混合Logit模型，识别发现，如果驾驶的 vehicle 是特斯拉，或者驾驶人年龄在50岁以下，他们将会更少地出现里程焦虑问题。Wang等（2023）分析了里程焦虑的影响因素。研究指出，里程焦虑不仅与距离的远近有关，更是与时间成本有关，比如在长距离的汽车行驶过程，电动汽车充电等待的时间可能会比燃油车加油的时间更长。这与本文的假设不谋而合。李宗华等（2022）基于车联网大数据，他们收集了对行驶里程在300~400公里的电动汽车使用者的充电行为数据，并通过Kernal K-means聚类算法发现，充电开始时的电量状态（SOC）与使用者的里程焦虑呈正相关。这一结果是合理的：SOC越高，表明使用者在行程出发时越倾向于持有充足的汽车电量，反映了其潜在的对于无法到达目的地的担忧心态。这一发现揭示了使用者的里程焦虑会系统性地影响到充电的行为模式。此外，Zhang等（2021）分析了北京市170万条充电数据，发现充电速率越快，人们的里程焦虑程度越低。

2.5 断点回归

最后，断点回归（Regression Discontinuity）虽在已有的交通行为研究文献中并不多见，不是惯用的方法，但其他领域研究已然证实它能够准确地揭示社会科学中的因果关系。例如李明等（2018）和刘生龙等（2016）分别通过政策改革检验经济效应和教育回报率，取得了稳健的研究结果。本文认为，新能源汽车续航里程平均为400km，且在低温环境中会降低30%左右等特点，在此基础上选取某一千米处为断点衡量长途旅行中里程焦虑的可能性是存在的。

2.6 总结

综上所述，已有的文献对于交通出行方式选择研究的理论主要包括三个方面：时间分配理论将时间作为稀缺资源引入经济分析的框架，确立了时间机会成本与工资率的关系；随机效用理论通过考虑可观测部分和不可观测部分的效用函数，解释个体面对离散选择集的决策过程；交通需求理论则将交通需求视为派生需求，强调家庭内部资源分配和成员互动对交通决策的影响。

其次，关于电动汽车里程焦虑现象的研究表明，里程焦虑是距离与充电等待时间的产物。研究发现里程焦虑程度在不同特征人群之间存在差异，且充电开始时的电量状态SOC与焦虑程度呈正相关。

最后，在方法论层面，断点回归作为一种准实验方法在交通行为研究中应用较少，但电动汽车的技术特性为以某一公里处为断点以研究里程焦虑现象提供了一个新的研究思路。

3 理论模型

本章建立一个基于效用最大化原理的理论模型，以Becker（1965）的时间分配理论为基础。考虑一个代表性家庭从城市*i*出发，目的地是城市*j*。假定该家庭面临两个选择：自驾出行（*D*）或选择其他交通工具出行（*O*），如飞机、高铁等。则该家庭从两种交通方式中获得的效用可以表示为：

$$U_D = \alpha_D - \beta_D \cdot T_D - \gamma_D \cdot C_D \quad (3-1)$$

$$U_O = \alpha_O - \beta_O \cdot T_O - \gamma_O \cdot C_O \quad (3-2)$$

其中 U_D 和 U_O 分别表示自驾和乘坐其他交通工具的效用， α_D 和 α_O 表示交通方式固有的效用（包含便捷性、舒适度等）， T_D 和 T_O 表示各自的时间成本， C_D 和 C_O 表示各自的金钱成本， β_D 、 β_O 、 γ_D 、 γ_O 为系数且均为正数。

自驾出行的时间成本 T_D 可以进一步细分为驾驶时间 T_{drive} 和中途加油/充电时间 T_{refuel} ，即：

$$T_D = T_{drive} + T_{refuel} = \frac{X}{\bar{v}} + T_{refuel} \quad (3-3)$$

其中 X 表示行车距离， \bar{v} 表示驾驶的平均速度。

传统燃油车与新能源汽车的关键差异在于中途加油/充电时间 T_{refuel} 存在显著差异。对于传统燃油车，加油时间为：

$$T_{refuel}^{fuel} = \left\lceil \frac{X}{R_{fuel}} - 1 \right\rceil \cdot t_{fuel} \quad (3-4)$$

对于新能源汽车，充电时间为：

$$T_{refuel}^{NEV} = \left\lceil \frac{X}{R_{NEV}} - 1 \right\rceil \cdot t_{NEV} \quad (3-5)$$

其中 R_{fuel} 和 R_{NEV} 分别表示燃油车和新能源汽车的平均续航里程， t_{fuel} 和 t_{NEV} 表示单次加油和充电所需的平均时间，其系数是距离和续航里程的比值减 1 后向上取整，得到一段旅行中汽车需要加油或充电的次数。

根据公式（3-4）、（3-5）和实际数据，假定燃油车与新能源汽车续航里程相等，可以预见，当行程距离 X 首次超过续航里程 R 时，驾驶新能源汽车的家庭的时间成本会出现一个显著的跃升，而驾驶燃油车的家庭的时间成本增加相对微小。本文认为这一客观的时间成本差异就是造成“里程焦虑”现象的核心因素。

根据家庭的效用最大化原则，在 $U_D > U_O$ 时，家庭会选择自驾出行，否则选

择其他的交通方式。该条件可展开书写为：

$$\alpha_D - \beta_D \cdot T_D - \gamma_D \cdot C_D > \alpha_O - \beta_O \cdot T_O + \gamma_O \cdot C_O \quad (3-6)$$

分别定义自驾倾向函数 $S(X)$ ：

$$S_{fuel}(X) = \alpha_D - \beta_D \cdot T_D^{fuel} - \gamma_D \cdot C_D - \alpha_O + \beta_O \cdot T_O + \gamma_O \cdot C_O \quad (3-7)$$

$$S_{NEV}(X) = \alpha_D - \beta_D \cdot T_D^{NEV} - \gamma_D \cdot C_D - \alpha_O + \beta_O \cdot T_O + \gamma_O \cdot C_O \quad (3-8)$$

当 $S_{fuel}(X) > 0$ 时，燃油车家庭选择自驾；当 $S_{NEV}(X) > 0$ 时，新能源汽车家庭选择自驾。

截止目前的分析局限于微观层面的决策。在城市这一宏观维度，我们假设城市中的新能源汽车普及率为 ρ ，即该城市拥有新能源汽车的家庭比例为 ρ ，拥有燃油车的家庭比例则为 $1-\rho$ 。所以城市层面自驾出行的比例关于旅程距离 X 的函数可以表示为：

$$P(X) = \rho \cdot I[S_{NEV}(X) > 0] + (1-\rho) \cdot I[S_{fuel}(X) > 0] \quad (3-9)$$

其中 $I(\cdot)$ 是示性函数，当括号内条件成立时取值 1，否则取值 0。

我们可以简单地分析一个续航里程附近的断点效应。取相同出发地点且行程距离足够接近的两段旅程 X_1 、 X_2 且满足 $X_1 < R_{NEV} < X_2$ ，经整理后的自驾出行比例的差值表示为：

$$\begin{aligned} P(X_2) - P(X_1) &= \rho \cdot \{I[S_{NEV}(X_2) > 0] - I[S_{NEV}(X_1) > 0]\} \\ &\quad + (1-\rho) \cdot \{I[S_{fuel}(X_2) > 0] - I[S_{fuel}(X_1) > 0]\} \\ &\approx \rho \cdot \{I[\bar{A} - \beta_D \cdot t_{NEV} > 0] - I[\bar{A} > 0]\} \\ &\quad + (1-\rho) \cdot \{I[\bar{B} - \beta_D \cdot t_{fuel} > 0] - I[\bar{B} > 0]\} \\ &\approx \rho \cdot \{I[\bar{A} - \beta_D \cdot t_{NEV} > 0] - I[\bar{A} > 0]\} \end{aligned} \quad (3-10)$$

以上结果经历了两次近似处理。第一次近似处理即第一个约等号的成立假定了在距离为 X_1 、 X_2 的两段行程中几乎参数都是近似相等的，并简记为常数 \bar{A} 和 \bar{B} ，唯一的区别在于一次额外的加油或充电的等待时间。第二次近似处理即第二个约等号的成立视燃油车加一次油所耗费的时间相比于电车充电的时间可以忽略不计。

根据式（3-10）的结果的表达式我们可以分析得知，一个显著的充电时间成本 t_{NEV} 可能导致函数 $S_{NEV}(X)$ 在 R_{NEV} 处出现一个跳跃式下降，进而使得原本可

能为正值的 $S_{NEV}(X)$ 变为负值，（3-10）的结果为一个负值 $-\rho$ 。进而我们预测，如果里程焦虑现象存在，那么断点 R_{NEV} 处的处理效应应当为一个负值，并且出发城市的新能源汽车普及率 ρ 越高，断点效应的绝对值越大。

4 研究数据

根据第 3 章模型结果，本研究即在宏观城市层面开展。这是因为涉及微观层面的数据（如某个拥有一辆新能源汽车的家庭前往某地具体采用何种交通工具）获取难度较大。如果假设“相比拥有燃油车的家庭，拥有新能源汽车的家庭对长途自驾出行的意愿将会降低”是正确的，那么如下假设将是合理的：其他条件不变下，新能源汽车普及率越高的城市，人们长途自驾出行的意愿越低。于是本研究在地级行政区层面新能源汽车保有量与机动车总保有量的数据来自达示数据平台（Daas Auto），其统计口径来自公安部机动车交通事故责任强制保险统计数据。分地区 GDP 由 CEIC 数据库根据各地级行政区统计年鉴公开数据整理汇总。

本研究选取了 2024 年春节春运期间（1 月 26 日至 3 月 5 日共计 40 天）高德地图公布的地级市层面的人口迁徙数据加以研究。春运期间人口流动规模大，外生制造了长距离出行行为，而选择何种出行方式则由家庭内生决定。

高德人口迁徙数据包含两个指标。其中，迁徙意愿指数（*Willidx*）表明通过导航搜索目的地驾车规划路线的行为强度，在一定程度上反应了人们的迁徙意愿；实际迁徙指数（*Realidx*）基于高德地图和第三方用户的基于位置服务（LBS）获取，反映了人口真实迁徙的轨迹。定义以天计的自驾出行意愿强度（*DrivProb*）如下：

$$DrivProb = \frac{Realidx}{Willidx} \times 100\% \quad (4-1)$$

其经济意义表达为付诸实际的驱车出行决策比例。

根据城市间中心点的经纬度坐标计算出球面距离（*SphDistance*），由于球面距离短于驱车的实际距离（*X*），本文根据下述经验公式进行调整：

$$X = SphDistance^{1.025} \quad (4-2)$$

城市的新能源汽车普及率由 2023 年底该地新能源汽车保有量（*NEV*）与机动车总保有量（*Car*）的比值给出，即：

$$Ratio = \frac{NEV}{Car} \times 100\% \quad (4-3)$$

根据计算结果，定义新能源汽车在各城市普及率大于 20% 则为新能源汽车大城（含三亚、上海、广州、杭州、海口、深圳），构造新能源汽车大城虚拟

变量 (*Large*) :

$$Large = \begin{cases} 1, & Ratio \geq 20\% \\ 0, & Ratio < 20\% \end{cases} \quad (4-4)$$

综合考虑新能源汽车的平均续航里程 (400 公里左右) 及寒冷天气下电池续航能力下降 (30% 以上), 定义 300 公里以上为长距离, 构造距离虚拟变量 (*D*) :

$$D = \begin{cases} 1, & X \geq 300 \\ 0, & X < 300 \end{cases} \quad (4-5)$$

以大年初一 (2 月 10 日) 为日期分界线, 家庭普遍存在“年前返乡过年, 年后回城工作”的现象, 故构造新年虚拟变量 (*Newyear*) :

$$Newyear = \begin{cases} 1, & \text{2 月 10 日至 3 月 5 日} \\ 0, & \text{1 月 26 日至 2 月 9 日} \end{cases} \quad (4-6)$$

根据新年虚拟变量分组, 构建年初一以前及以后城市间的平均自驾出行意愿强度 (*AvgDrivProb*) 如下:

$$AvgDrivProb^j = \frac{\sum_{t \in \{Newyear=j\}} DrivProb_t}{|\{Newyear=j\}|}, \quad j=0,1 \quad (4-7)$$

选择 5 年前即 2019 年出发地与目的地的人均 GDP (*GDPpc*) 作为控制变量控制经济因素导致的人口迁徙规模。

表 4.1 给出了本研究所有变量的定义与描述性统计。

表 4.1 变量描述性统计表

变量名	变量的定义	观测数	均值	标准差	最大值	最小值
<i>StartCity/ EndCity</i>	出发地/目的地	138680				
<i>SphDistance</i>	球面距离 (千米)	138680	535.53	404.50	32.015	3254.3
<i>X</i>	实际距离 (千米)	138680	630.54	489.31	34.913	3983.5
<i>D</i>	1 如果 $X \geq 300$	138680	0.7473	0.4345	0	1
<i>Newyear</i>	1 如果 2 月 10 日及以后	138680	0.625	0.4841	0	1

变量名	变量的定义	观测数	均值	标准差	最大值	最小值
<i>Willidx</i>	迁徙意愿指数	138680	1.9798	5.2637	0.0283	158.99
<i>Realidx</i>	实际迁徙指数	138680	0.6643	2.4189	0.0028	61.672
<i>DrivProb</i>	自驾出行意愿	138680	21.402	12.416	0.5563	72.576
<i>AvgDrivProb</i>	平均自驾意愿	138680	21.402	11.585	1.8206	69.747
<i>StartCar/EndCar</i>	2023 年底出发地/目的地机动车保有量	138680 138680	2316562 2315539	1545156 1544946	180011 180011	8553900 8553900
<i>StartNEV/EndNEV</i>	2023 年底出发地/目的地新能源汽车保有量	138680 138680	249249 248896	292249 291732	8216 8216	1288442 1288442
<i>StartRatio/EndRatio</i>	2023 年底出发地/目的地新能源汽车普及率	138680 138680	8.9336 8.9273	6.6140 6.6051	1.1857 1.1857	33.125 33.125
<i>StartLarge/EndLarge</i>	1 如果出发地/目的地是新能源汽车大城	138680 138680	0.2830 0.2827	0.4504 0.4503	0 0	1 1
<i>StartGDPpc/EndGDPpc</i>	2019 年出发地/目的地人均 GDP（元/人）	138680 138680	89728.0 89727.5	40492.7 40492.0	28707.1 28707.1	161776 161776

5 实证结果与分析

5.1 OLS模型

5.1.1 OLS模型结果与分析

我们用首先用普通最小二乘法（OLS）构建最基础的计量模型。模型如下所示：

$$AvgDrivProb = \gamma_1 StartRatio + \gamma_2 EndRatio + Control \cdot \beta + \varepsilon \quad (5-1)$$

模型主要关注 *StartRatio* 与 *EndRatio* 前的系数。事实上，新年与否可能造成两者产生的效应存在差异，这一点将在 6.2 节进一步讨论。控制变量矩阵（*Control*）包含：城市间实际距离（*X*）的一个多项式函数 $f(\cdot)$ ，以及经济因素即 2019 年出发地和目的地人均 GDP。我们选取五年前的经济水平发展差异，能更好地反映经济发展对人才吸引力的一种滞后性。我们分别取 $f(\cdot)$ 的阶数为一阶、二、三阶与是否控制经济因素，保留唯一值后，采用稳健标准误得到 OLS 估计结果如表 5.1 所示。

表 5.1 OLS 模型结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>StartRatio</i>	-0.291*** (0.015)	-0.261*** (0.013)	-0.286*** (0.012)	-0.200*** (0.020)	-0.169*** (0.017)	-0.179*** (0.015)
<i>EndRatio</i>	-0.122*** (0.015)	-0.093*** (0.013)	-0.117*** (0.012)	-0.089*** (0.020)	-0.058*** (0.017)	-0.067*** (0.015)
<i>X</i>	-0.015*** (0.000)	-0.036*** (0.000)	-0.063*** (0.001)	-0.015*** (0.000)	-0.036*** (0.000)	-0.063*** (0.001)
<i>X</i> ²		0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)		0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
<i>X</i> ³			-0.000*** (0.000)			-0.000*** (0.000)
<i>StartGDPpc</i>				-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000*** (0.000)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>EndGDPpc</i>				-0.000***	-0.000***	-0.000***
				(0.000)	(0.000)	(0.000)
<i>Constant</i>	34.67***	41.12***	47.71***	36.38***	42.87***	49.99***
	(0.218)	(0.223)	(0.259)	(0.321)	(0.299)	(0.319)
<i>Economical Control</i>	No	No	No	Yes	Yes	Yes
<i>N</i>	6934	6934	6934	6934	6934	6934
<i>R</i> ²	0.5260	0.6583	0.7230	0.5301	0.6625	0.7293

上表 *StartRatio* 前的系数 γ_1 与 *EndRatio* 前的系数 γ_2 均为负值且是显著的，这初步证明了我们的假设：推广新能源汽车使人们对长距离自驾出行的意愿降低。以回归方程（1）为例，控制其他因素不变，出发地城市的新能源汽车推广率每上升 1 个百分点，人们付诸实际的自驾出行决策将降低 0.291 个百分点。在控制变量中，实际距离的一次项系数显著为负，这也是合理的结果。回归方程（4）、（5）、（6）加入了经济因素作为控制变量，有趣的是，*StartGDPpc* 与 *EndGDPpc* 显著为负值。对这一现象的解释之一可以联系到 Becker（1965）的时间分配理论：如果家庭春节期间出行的出发地和目的地（可以认为是工作地和家乡地）经济发展水平越高，从而平均意义上家庭收入也相对较高，进而自驾出行的机会成本较高（因为相比于其他交通工具的耗时较长），自驾出行的意愿降低。

5.1.2 OLS模型的内生性问题

在回归方程中我们引入了城市间实际距离一次、二次和三次项，这在一定程度上解决了非线性关系导致的模型设定偏误。为了进一步研究模型设定的合理性与潜在的内生性问题，我们选取上述回归方程（5）绘制残差图，并绘制残差与拟合值的拟合线，如图 5.1 所示。总体上，残差有着非随机化的特点，与拟合值间存在着非线性的趋势。首先，一地的自驾出行意愿与该地新能源汽车保有量存在着逆向因果关系。由于文化习俗、制度发展等因素，不同地区间家庭对于拥有一辆私家车或是自驾出行的偏好本身会有所差异，进而影响到一地

新能源汽车乃至总机动车购买意愿。其次，自驾出行与否受到当地其他交通工具可得性的影响。具体而言，春运期间家庭可能因为飞机票、火车票供应量紧张而不得不采取自驾出行的方式。因而原方程中遗漏了可以表征其他出行方式特征的解释变量。其余回归方程的残差图与图 5.1 呈现相似的分布特征。

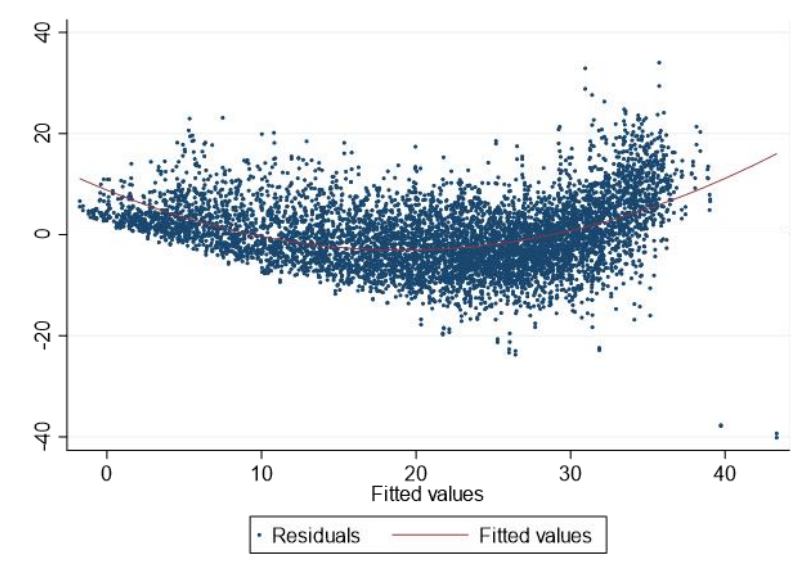


图 5.1 OLS 回归残差图

5.2 断点回归模型

5.2.1 全局断点回归模型

为了解决模型的内生性问题，我们采用精确断点回归方法(Sharp Regression Discontinuity)。精确断点是一种准自然实验。在本研究涉及的问题中，城市间实际距离 X 是一个连续变量，在 300 公里为长距离的定义下，分布在该断点两侧决定了家庭是否需要额外为新能源汽车充一次电，从而在旅途中需要多花费 30 分钟至 8 个小时不等的等待时间。这一时间成本将会影响长距离的自驾出行意愿。

断点回归的优点在于，断点 300 公里对于模型而言是一个外生因素，其数值完全由新能源汽车产业的技术因素确定，因而很好地解决了模型内生性问题。

在这里，我们引入实际距离的二次项，所得到的断点回归估计方程为：

$$AvgDrivProb_i = \alpha_0 + \alpha_1 D_i + \alpha_2 \tilde{X}_i + \alpha_3 \tilde{X}_i^2 + \alpha_4 \tilde{X}_i \times D_i + \alpha_5 \tilde{X}_i^2 \times D_i + \mu_i \quad (5-2)$$

在这里为了书写简便，将 X 进行去中心化处理如下：

$$\tilde{X}_i = X_i - 300 \quad (5-3)$$

模型中 D_i 前的系数 α_1 反映了断点处理效应，即跨越断点两侧城市间的平均自驾出行意愿强度 (*AvgDrivProb*) 的改变量。采用稳健标准误得到断点回归结果如表 5.2 所示。

表 5.2 全局断点回归模型结果

	(1)	(2)	(3)
	<i>StartLarge</i> = 1	<i>StartLarge</i> = 0	<i>StartLarge</i> = 0
	<i>StartRatio</i> > 20%	5% < <i>StartRatio</i> ≤ 20%	<i>StartRatio</i> ≤ 5%
$D = 1 \text{ if } \tilde{X} > 0$	-6.119*** (2.314)	-2.536*** (0.694)	-0.738 (0.985)
\tilde{X}	0.035 (0.048)	-0.049*** (0.013)	-0.063*** (0.020)
\tilde{X}^2	0.001*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000* (0.000)
$\tilde{X} \times D$	-0.044 (0.048)	0.029** (0.013)	0.039** (0.020)
$\tilde{X}^2 \times D$	-0.001*** (0.000)	-0.000*** (0.000)	-0.000* (0.000)
<i>Constant</i>	22.710*** (2.241)	25.517*** (0.652)	27.133*** (0.900)
<i>Newyear</i>	0	0	0
<i>N</i>	303	2226	938
R^2	0.8094	0.7875	0.6637

表 5.2 中的回归方程 (1)、(2) 和 (3) 选取大年初一以前 (*Newyear* = 0) 的数据分别对出发地新能源汽车大城虚拟变量 *StartLarge* 进行分组回归，其中 *StartLarge* = 0 又进一步分为 5% < *StartRatio* ≤ 20% 和 *StartRatio* ≤ 5% 两组。分析比较三个方程中处理变量 D 的系数 α_1 可以发现，在新能源普及率最高的六个城

市中，处理效应为-6.119 且在 $\alpha=0.01$ 显著性水平下显著，表明在以新能源大城为出发地的行程中，行程距离大于 300 公里降低了人们的自驾出行意愿约 6.119 个百分点。回归方程（2）表明在新能源普及率相对较高的城市，长距离出行显著降低了自驾意愿 2.536 个百分点，处理效应比新能源大城要小。而从新能源汽车普及率较低的城市出发的行程里，距离是否大于 300 公里对出行意愿不存在显著影响，因为出发地以燃油车为主，为燃油车加油一次所需的 3 至 5 分钟并不足以构成巨大的时间成本。上述结论符合理论模型的预测。

选择 $StartLarge = 1$ 绘制断点回归的可视化结果如图 5.2 所示。

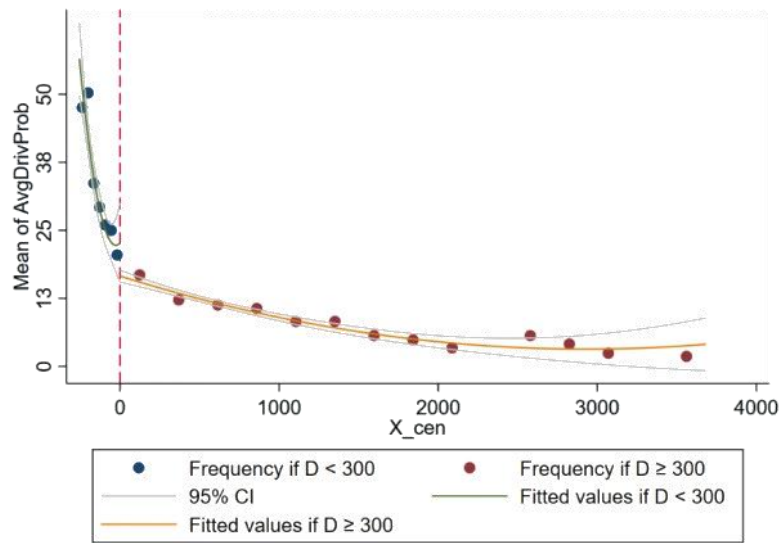


图 5.2 全局断点回归示意图

5.2.2 局部断点回归模型

5.2.1 节通过全局断点回归解决了模型的内生性问题。然而全局断点回归的缺陷在于，如果将 300 公里断点附近视作准自然实验，就不应在回归中包含范围过大的样本，而是应该选择断点某一带宽 ($Bandwidth, h$) 邻域内的样本回归，否则同样会产生内生性。而带宽大小的选择同样需要权衡：带宽越小，越接近于准自然实验，内生性问题就越容易避免；但这同时意味着样本容量变小，方差变大。如果采用局部断点回归，样本选择的问题需要重新考量。

同时，5.2.1 节中分别构造农历大年初一前后 ($Newyear=0, 1$) 的平均自驾意愿 ($AvgDrivProb$) 作为被解释变量，虽然避免了混合回归的严格假设条件，

但是这一做法大大减少了样本容量，即每一对始末城市对从 40 个观测值减少至 2 个。这在实际效果中使得参数的标准误很大，且很难满足本节局部断点回归对小范围内一定数量样本容量的要求。因此本节将每一天的自驾出行意愿（*DrivProb*）作为被解释变量，以提高估计精度。

本节仿照式（4-4）进一步定义新能源汽车中城（*Medium*）与小城（*Small*），分别为新能源汽车普及率在 5% 至 20% 之间和 5% 以下，三类城市的横向比较有利于揭示新能源汽车对长距离自驾出行决策的影响。

采取常用的最优均方误差法得到最优带宽（ h ），用线性函数拟合断点附近观测值，回归方程如下所示：

$$DrivProb_i = \theta_0 + \theta_1 D_i + \theta_2 \tilde{X}_i + \theta_3 \tilde{X}_i \times D_i + \eta_i, \quad -h^{mserd} < \tilde{X}_i < h^{mserd} \quad (5-4)$$

表 5.3 展示了新能源汽车大城（*Large*）、中城（*Medium*）与小城（*Small*）的分组回归结果。

表 5.3 局部断点回归模型结果

	(1)	(2)	(3)
	<i>StartLarge</i>	<i>StartMedium</i>	<i>StartSmall</i>
<i>Conventional</i>	-2.311*** (0.415)	-1.797*** (0.244)	1.008*** (0.338)
<i>Bias-corrected</i>	-2.438*** (0.415)	-1.907*** (0.244)	0.838** (0.338)
<i>Robust</i>	-2.438*** (0.502)	-1.907*** (0.277)	0.838** (0.361)
<i>BW est. (h)</i>	131.522	41.425	46.915
<i>N</i>	12120	89040	37520

表 5.3 汇报了三种估计方式的结果。以 *Robust* 结果为例，出发地为新能源大城与中城在断点处的处理效应为负且是显著的，并且大城的处理效应强于中城。这一结果与 5.2.1 节中的全局断点回归结果是相一致的。尽管局部断点的处理效应在数值上小于全局断点（绝对值），但这一模型设计更接近于准自然实验，其结果也更为可信。除此之外，表中有另外两点值得注意。第一，新能源

大城的最优估计带宽为 131.522 公里。这一带宽相比于断点数值本身而言是较大的，这为家庭是否将“在途中为汽车充一次电”作为考虑因素增加了不确定性。其中一个原因在于新能源大城仅六个城市，样本数量相对较少，使得均方误差较大。第二，对新能源小城而言，断点的处理效应非但不是负值，而且是显著的正值。这一方面印证了新能源汽车在普及程度低的区域中，人们的长距离自驾出行决策并没有受到里程焦虑的负面影响；另一方面的解释是，对 300 公里以上的行程，拥有燃油车的家庭会认为自驾出行更为便捷，比如考虑到高铁、飞机等方式的价格因素，或在站点间的通勤、等待的时间成本等。三组回归的可视化结果如图 5.3、图 5.4、图 5.5 所示。

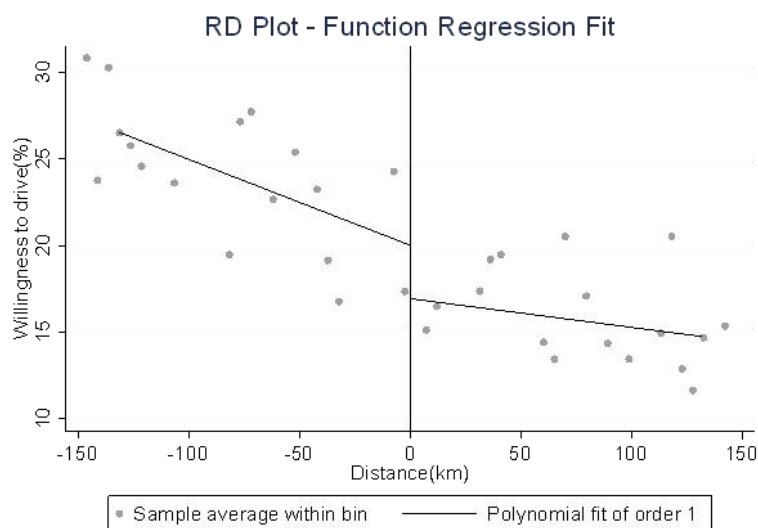


图 5.3 出发城市新能源汽车普及率大于 20%的组别局部断点回归示意图

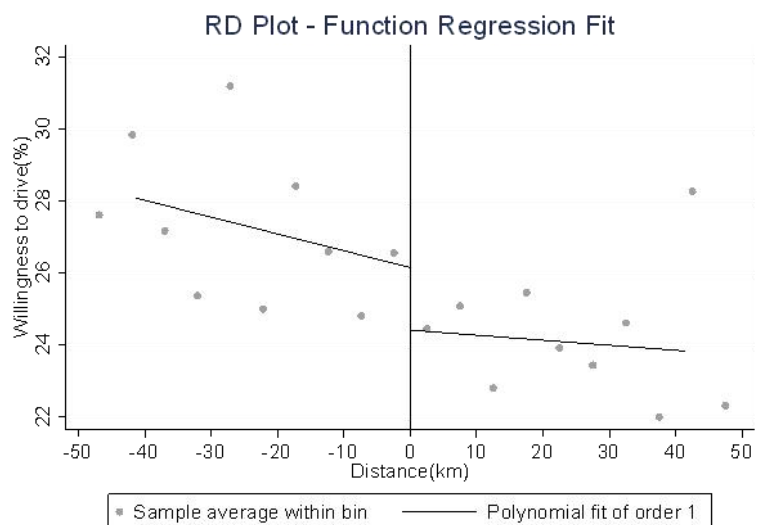


图 5.4 出发城市新能源汽车普及率在 5%~20%间的组别局部断点回归示意图

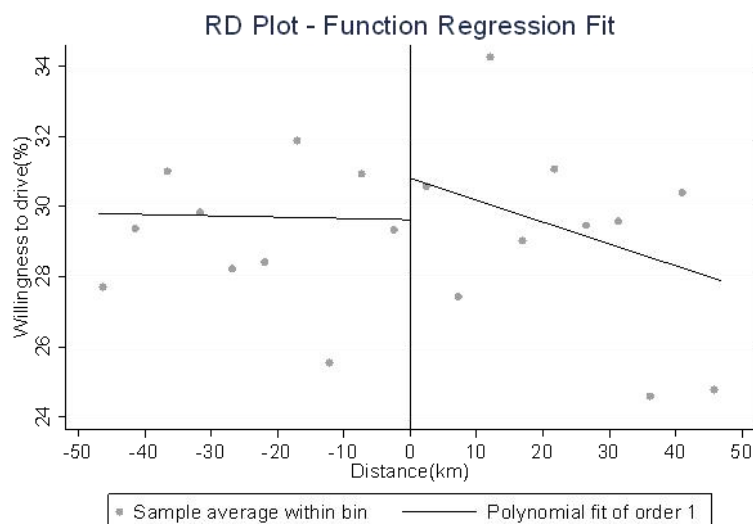


图 5.5 出发城市新能源汽车普及率小于 5%的组别局部断点回归示意图

5.3 断点回归模型的有效性检验

5.3.1 局部平滑假设的检验

局部平滑假设是指除了驱动变量以外的变量在断点附近都不应该存在处理效应。有关文献多以某一时间点作为断点，通过绘制图形来判断（李宏彬等，2015；刘生龙等，2016）。然而本研究中的驱动变量是地理距离，故局部平滑假设是成立的。

5.3.2 驱动变量不受人为控制的检验

驱动变量不受人为控制是指断点左右两侧的样本的数量应是相近的，否则如果决策人事先得知分组原则，模型会产生内生性。在本研究中，家庭在何处工作、家乡在何处，可以视为外生前提，因为两城市间里程的多少不是由决策者所能决定的。

最简单而直接的方法是绘制统计直方图，用以检验断点两侧样本数量是否相近。以出发地为新能源大城、选取真实距离在 150 公里至 450 公里范围内的实际距离并去中心化后结果如图 5.6 所示。

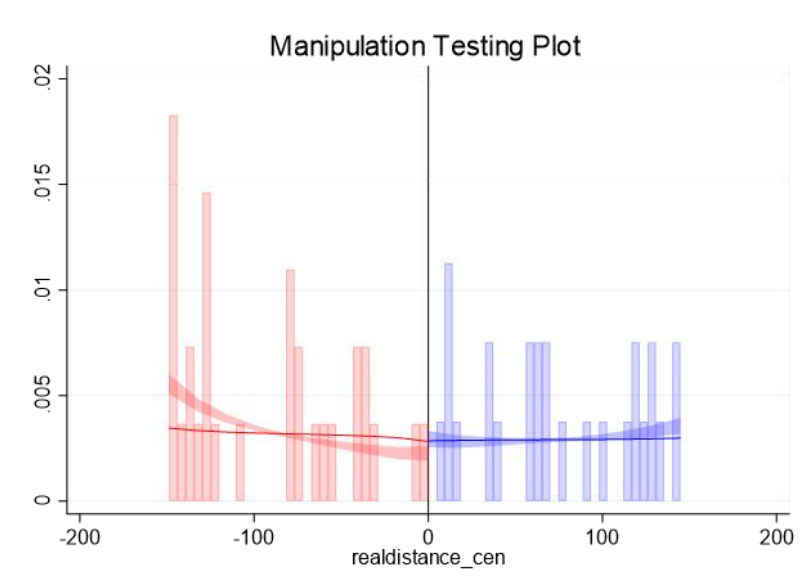


图 5.6 驱动变量不受人为控制的统计直方图检验

根据统计直方图的结果可知，实际距离在断点左右两侧区域内样本分布的数量大致相当。在个别点处的起伏应归因于抽样分布的结果而非人为操控的因素。为了使检验更可信，根据利用 `stata` 命令 `rdcont` 对新能源大城样本中实际距离进行连续性检验，得到 p 值为 0.180，说明在 5% 的显著性水平下不能够拒绝驱动变量在零处是连续的原假设。

6 稳健性检验与异质性分析

6.1 稳健性检验

6.1.1 样本选择的安慰剂检验

样本选择的安慰剂检验解决断点附近的样本有可能被人为操纵的问题。常用的解决方式是甜甜圈断点回归以克服数据堆积的问题。由于本研究的驱动变量是距离，由前所述，是根据经纬度计算出球面距离后经调整后得到，故不存在数据经由人为操纵的可能性。

6.1.2 带宽选择的敏感性检验

带宽选择的敏感性检验解决带宽的选择显著影响处理效应的问题。选取最优带宽的某几个倍数范围内的样本回归，如果处理效应依然保持显著性，说明断点回归是稳健的。仍旧以出发地为新能源大城为例，选取最优带宽的 50%、75%、100%、150%、200%进行 5 组敏感性检验。图 6.1 报告了回归系数和 95% 置信区间。排除传统估计结果产生偏误的一个例外，回归系数均保持显著，说明结论是比较可靠的。

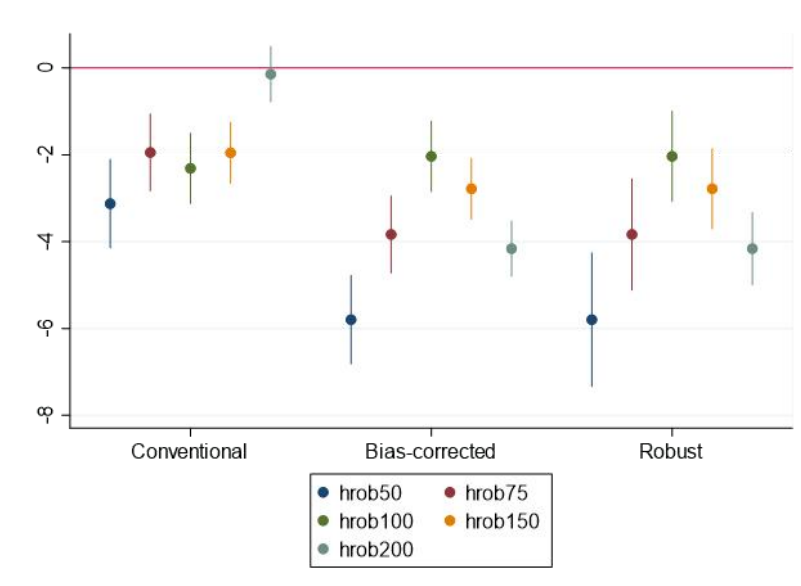


图 6.1 带宽选择的敏感性检验结果

6.1.3 断点选择的敏感性检验

断点选择的敏感性检验解决断点处理效应的真实性问题。如果断点的处理

效应是真实的，那么应当有且仅有在断点处存在处理效应，即得到显著的回归结果，而在其他位置则不存在。用出发地为新能源大城的样本，选取断点 300 公里的 80%（240 公里）、100%、120%（360 公里）、150%（450 公里）、167%（500 公里）进行 5 组敏感性检验。图 6.2 报告了回归系数和 95% 置信区间。由图可见，除了 300 公里断点处存在显著为负的处理效应，其他断点处均不存在，进而确认断点处理效应的真实性。

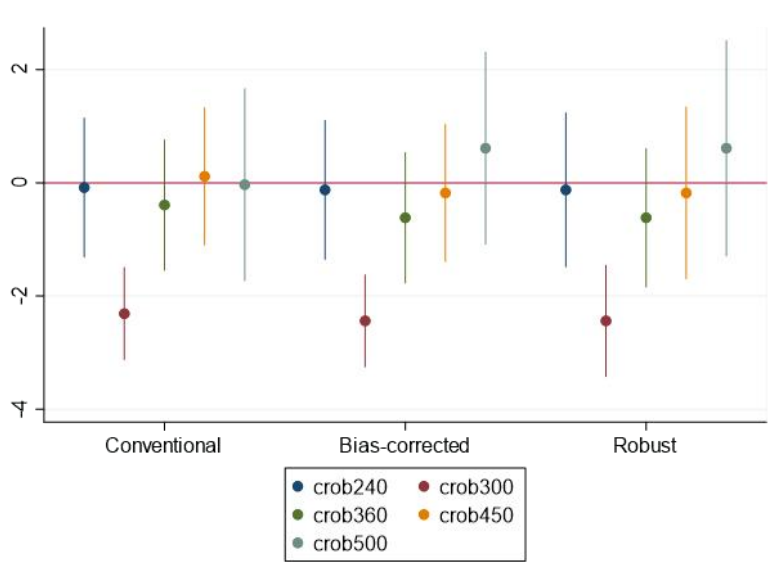


图 6.2 断点选择的敏感性检验结果

6.2 异质性分析

截至目前的分析聚焦于一段行程的出发城市新能源汽车的普及程度对人们自驾出行意愿的影响，这是自然的想法。此外，由于春节期间的特殊性，在大年初一（2 月 10 日）前后的自驾出行模式主要出现“年前回乡过年，年后回城工作”的现象——这是由经济因素驱动的人口迁徙。这时，年后的自驾出行意愿会受到出发地、目的地新能源汽车普及率，以及“年前开过来的车在年后开回去”三方面因素的影响，而第三种影响效应尤其受到经济因素驱动而放大。为了研究这些影响效应，我们构造经济引力虚拟变量（*EcoPull*），如果目的地的经济发展水平好于出发地的经济水平：

$$EcoPull = \begin{cases} 1, & \frac{EndGDPpc}{StartGDPpc} \geq 2 \\ 0, & \frac{EndGDPpc}{StartGDPpc} < 2 \end{cases} \quad (6-1)$$

本研究假设，如果目的城市的人均 GDP 大于等于出发城市的 2 倍，我们便有理由相信目的地城市对于出发地城市存在经济上的“吸引力”。

分别对出发地为新能源汽车大城、中城、小城和目的地为新能源汽车大城、中城、小城进行分组回归，控制距离因素，构造回归方程如下：

$$DrivProb_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \alpha_1 Newyear + \alpha_2 EcoPull + \alpha_3 Newyear \times EcoPull + \varepsilon_i \quad (6-2)$$

分组回归的结果如表 6.1 所示。

表 6.1 分别以出发地和目的地新能源汽车普及率分组的异质性分析回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>StartLarge</i>	<i>StartMedium</i>	<i>StartSmall</i>	<i>EndLarge</i>	<i>EndMedium</i>	<i>EndSmall</i>
<i>X</i>	-0.027*** (0.000)	-0.043*** (0.000)	-0.033*** (0.000)	-0.028*** (0.000)	-0.042*** (0.000)	-0.042*** (0.000)
<i>X</i> ²	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)	0.000*** (0.000)
<i>Newyear</i>	-3.161*** (0.139)	-0.624*** (0.057)	0.973*** (0.114)	1.817*** (0.183)	-0.344*** (0.061)	-1.419*** (0.094)
<i>EcoPull</i>	-9.329*** (1.103)	-2.710*** (0.143)	-4.540*** (0.149)	-0.362* (0.213)	-2.321*** (0.111)	0.052 (0.569)
<i>Newyear</i> <i>×EcoPull</i>	-9.598*** (0.858)	1.753*** (0.115)	0.184 (0.130)	5.502*** (0.189)	1.973*** (0.092)	1.629*** (0.443)
<i>Constant</i>	31.939*** (0.182)	40.007*** (0.074)	40.308*** (0.123)	32.167*** (0.197)	40.103*** (0.078)	41.918*** (0.119)
<i>N</i>	12120	89040	37520	12080	89080	37520

表 6.1 的第 1 列是对出发城为新能源汽车大城的回归结果。*Newyear* 前的系数为-3.161，表明年后的人们不再存在年前的过年意愿，进而导致自驾的意愿下降。与之对应的是第 4 列对终点城为新能源大城的结果：*Newyear* 前的系数为 1.817，即年后人们的自驾意愿反而高于年前。对此的解释如前所述：两个城市间年前人们从出发地（即年后的目的地）开来的汽车需要在过完年后从开回去，

系数为正说明这一效应占了主导地位。表 6.1 中除了第 6 列, *EcoPull* 前的系数均显著为负值; 但是当加入 *Newyear* 与 *EcoPull* 的交乘项后, 不同的分组体现出不同的交互效应。对于第 4、5、6 列对于终点城市的分组回归可知, *Newyear* 与 *EcoPull* 的交互效应是显著的正值, 这表明了年后, 经济欠发达地区向经济发达地区的返回的意愿有所加强, 并且随着终点地新能源汽车普及率越高而越强。

7 结论与讨论

在新能源汽车越发普及的背景下，本研究在宏观层面证实了新能源汽车对于一地人们自驾出行意愿的影响。本研究通过 OLS、全局断点回归和局部断点回归三种方法，均得到在长距离行程下，尤其是 300 公里左右的行程以上，新能源汽车普及率高的城市地自驾出行意愿会有较为显著的下降。

然而无可否认的是，从经济意义上而言，回归系数的绝对值相对较小。其中的原因之一在于现如今新能源汽车普及的绝对程度尚且较低，普及率大于 20% 的仅有 6 个城市，大于 30% 的仅三亚一城。所以在诸多因素构成的自驾意愿指标 (*Drivprob*) 里，对新能源汽车普及率贡献的识别效果较为有限。这是本研究的不完美之处。

总而言之，本研究有创见性的提出了燃油车与新能源汽车对于人们长距离自驾出行意愿的影响，并提供了一种识别思路。未来，新能源汽车在充电技术上是否会有进一步突破、充电时间与里程的改善能否有效地降低目前存在的“里程焦虑”现象，有待多领域的科学研究者的进一步工作与思考。

参考文献

- [1] Becker G S. A Theory of the Allocation of Time[J]. The Economic Journal, 1965, 75(299): 493-517
- [2] Bin Zhang, Niu Niu, Hao Li, Zhaohua Wang, Weijun He. Could Fast Battery Charging Effectively Mitigate Range Anxiety in Electric Vehicle Usage? Evidence from Large-Scale Data on Travel and Charging in Beijing[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2021, 95
- [3] Chen Y, Ebenstein A, Greenstone M, et al. Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China's Huai River Policy[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(32): 12936-12941
- [4] De Donnea F X. Consumer Behaviour, Transport Mode Choice and Value of Time: Some Micro-Economic Models[J]. Regional and Urban Economics, 1972, 1(4): 355-382
- [5] Eric Miller, Matthew Roorda, Juan Carrasco. A Tour-Based Model of Travel Mode Choice[J]. Transportation, 2005, 32(4): 399-422
- [6] F X Zhao, H Y Shang, Tongfei Li. Evolutionary Dynamics of the Travel Mode Choice Behavior Based on the Replicator-Mutator Model[J]. Chinese Journal of Physics, 2024
- [7] Kenneth A Small. Valuation of Travel Time[J]. Economics of Transportation, 2012, 1(1-2): 2-14
- [8] McFadden D. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior[M]. Frontiers in Econometrics, 1974: 105-142
- [9] Miller E J, Roorda M J. Prototype Model of Household Activity Travel Scheduling[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2007, 1831: 114-121
- [10] Muro-Rodríguez A I, Perez-Jiménez I R, Gutiérrez-Broncano S. Consumer Behavior in the Choice of Mode of Transport: A Case Study in the Toledo-Madrid Corridor[J]. Frontiers in Psychology, 2017, 8(1011)
- [11] Rufe Guo, Junsen Zhang, Minghai Zhou. The Demography of the Great Migration in China[J]. Journal of Development Economics, 2024, 167
- [12] Thorhauge M, Rich J, Mabit S E. Charging Behaviour and Range Anxiety in Long-Distance EV Travel: An Adaptive Choice Design Study[J]. Transportation, 2024
- [13] Wang J, Huang C, He D, Tu R. Range Anxiety among Battery Electric Vehicle Users: Both Distance and Waiting Time Matter[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2023, 67(1): 1309-1315
- [14] Xinwei Li, Hai Yang. Dynamics of Modal Choice of Heterogeneous Travelers with Responsive Transit Services[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2016, 68: 333-349
- [15] Yuyang Zhou, Peiyu Wang, Shuyan Zheng, Minhe Zhao, William H K Lam, Anthony Chen, N N Sze, Yanyan Chen. Modeling Dynamic Travel Mode Choices Using Cumulative Prospect Theory[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2024, 179
- [16] 李宏彬, 施新政, 吴斌珍. 中国居民退休前后的消费行为研究[J]. 经济学(季刊), 2015, 14(01): 117-134
- [17] 李明, 李德刚, 冯强. 中国减税的经济效应评估——基于所得税分享改革“准自然试验”[J]. 经济研究, 2018, 53(07): 121-135

- [18] 李宗华, 翟钧, 刁冠通, 等. 基于车联网数据的电动汽车用户驾驶行为画像应用研究[J]. 科技风, 2022, (18): 61-64
- [19] 刘生龙, 周绍杰, 胡鞍钢. 义务教育法与中国城镇教育回报率: 基于断点回归设计[J]. 经济研究, 2016, 51(02): 154-167
- [20] 唐学朋, 余林徽, 王怡萱, 等. 跨境电子商务与中国家庭福利——基于家庭消费视角的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(11): 137-157
- [21] https://wenkuangyu.github.io/notes/causal_inference/regression_discontinuity.pdf [Z]
- [22] <https://www.lianxh.cn/news/789f031b0c110.html> [Z]
- [23] https://www.sohu.com/a/491652827_121124024 [Z]
- [24] <https://zhuanlan.zhihu.com/p/120310111> [Z]
- [25] <https://zhuanlan.zhihu.com/p/60489581> [Z]