



电动汽车：绿色未来

还是环境代价？

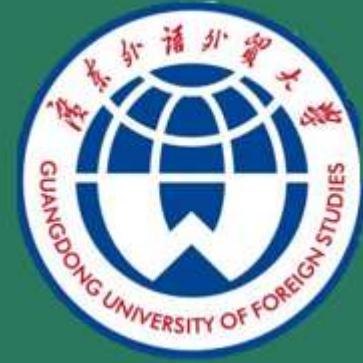
—基于全生命周期分析的视角

答辩人：章静怡



目录

CONTENTS



背景和意义

Background and Purpose

01



方法和假设

Methods and Hypotheses

02



结果和分析

Results and Analysis

03



结论和建议

Conclusion and Suggestion

04

01

PART ONE



背景和意义

Background and Purpose

- ▶ 研究背景
- ▶ 国内外研究现状
- ▶ 研究问题
- ▶ 研究意义



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究背景

国内外研究现状

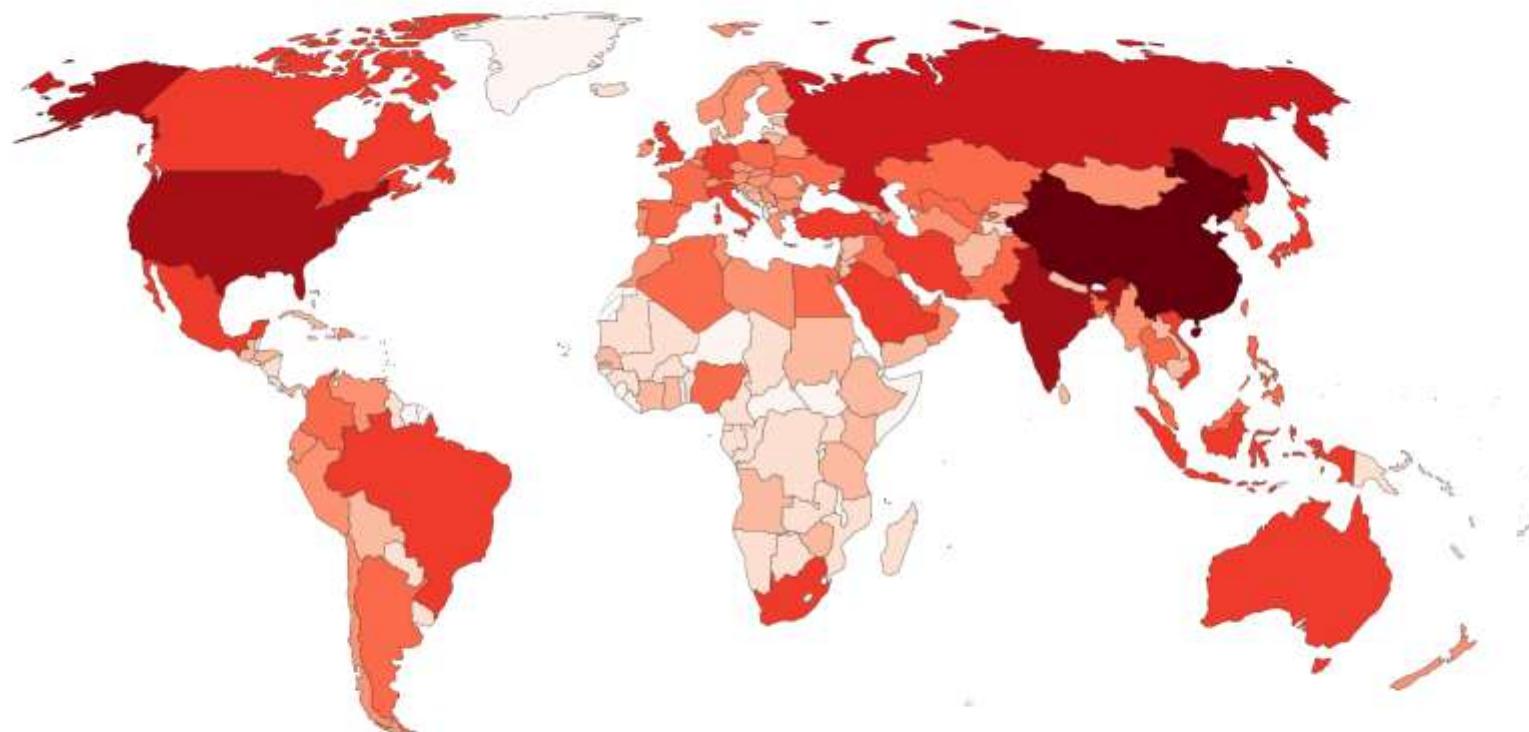
研究问题

研究意义

Annual CO₂ emissions, 2023

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land-use change is not included.

Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2024)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究背景

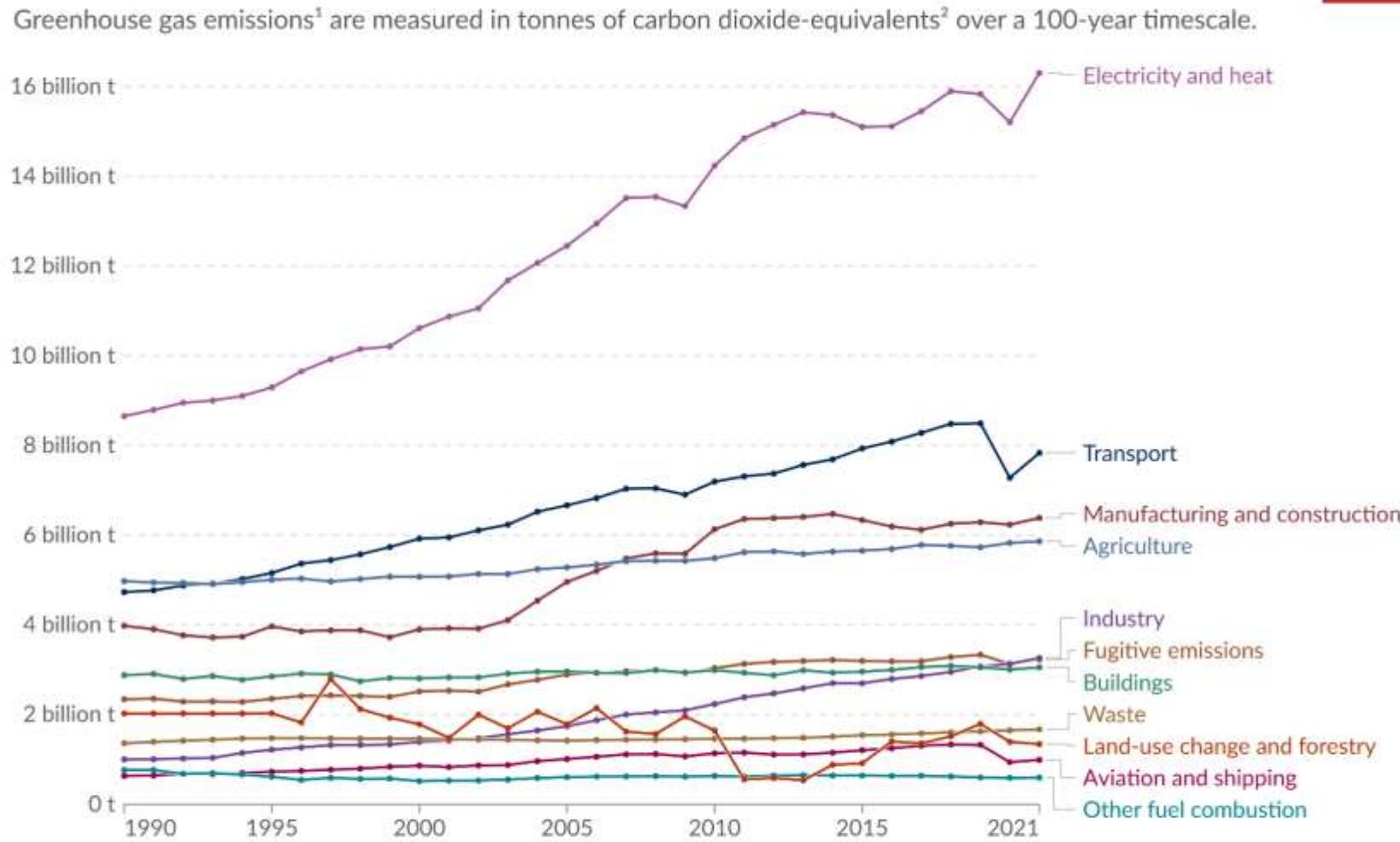
国内外研究现状

研究问题

研究意义

Greenhouse gas emissions by sector, World

Our World
in Data



Data source: Climate Watch (2024)

Note: Land-use change emissions can be negative.

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

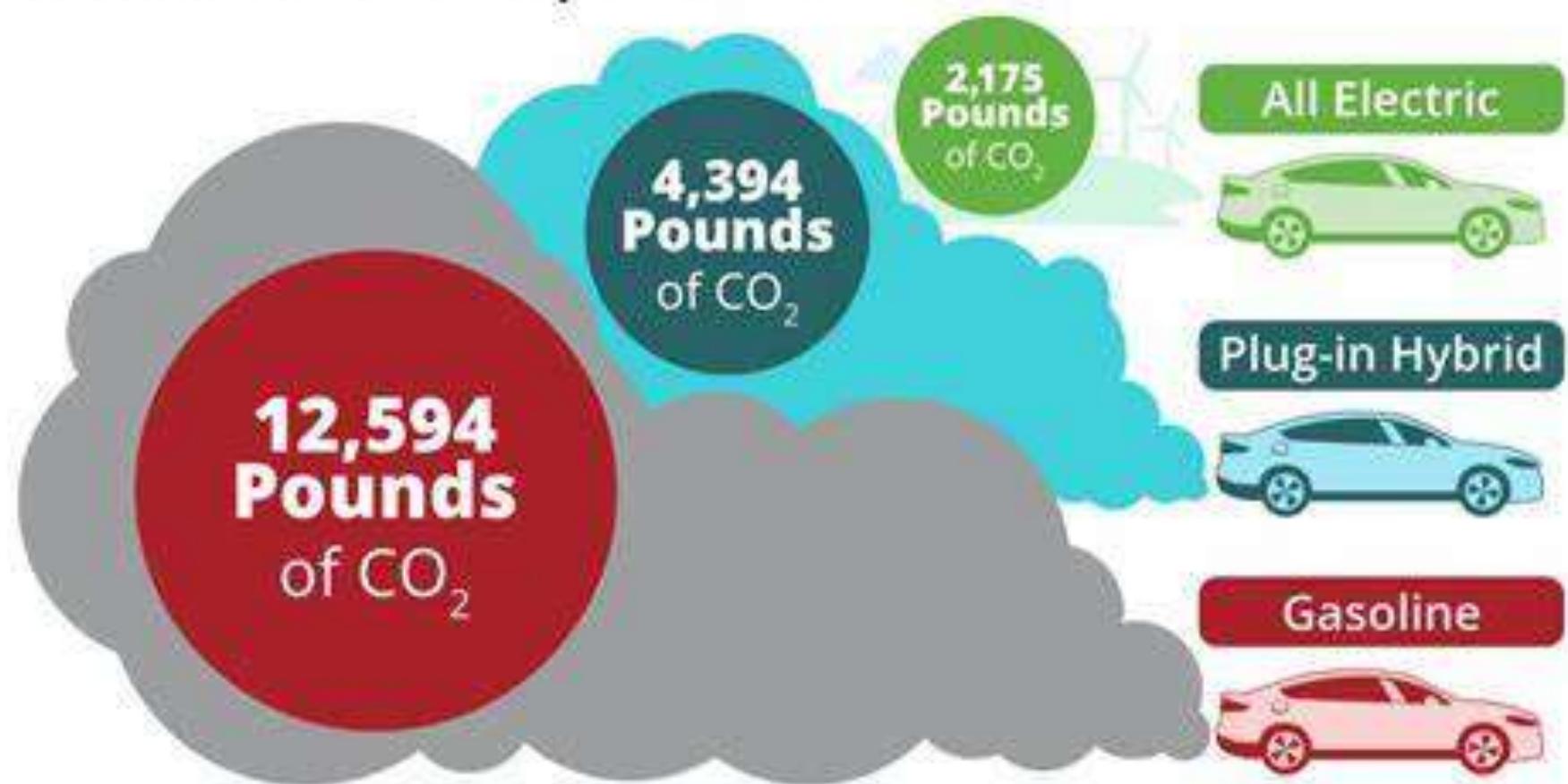
研究背景

国内外研究现状

研究问题

研究意义

Annual Emissions per Vehicle*



*Based on assumptions with 2021 data from EIA

Source: www.afdc.energy.gov



背景意义

方法假设

结果分析

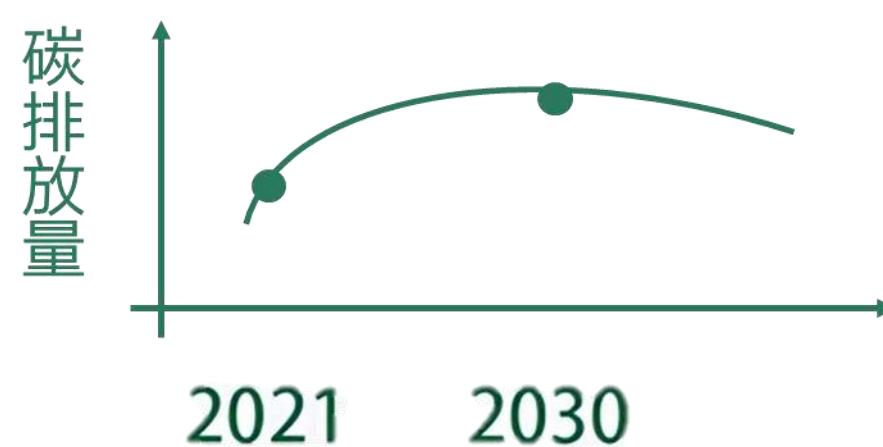
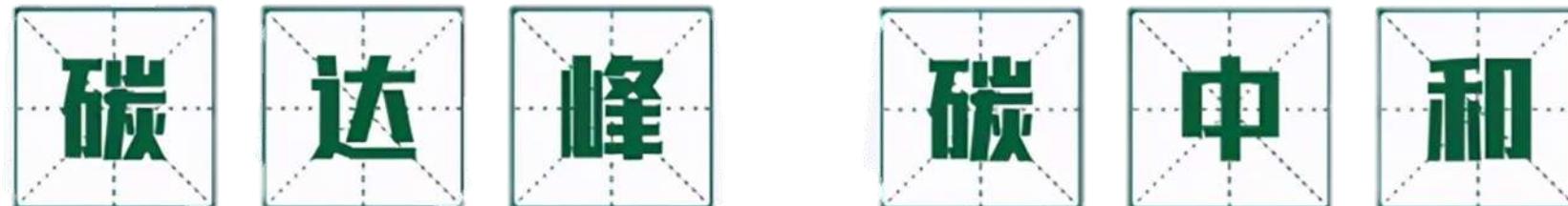
结论讨论

研究背景

国内外研究现状

研究问题

研究意义





背景意义

方法假设

结果分析

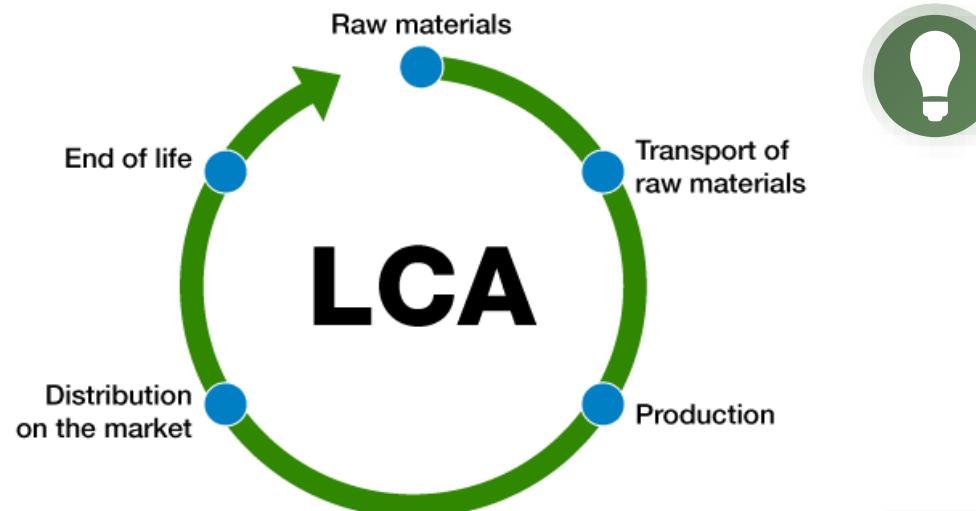
结论讨论

研究背景

国内外研究现状

研究问题

研究意义



支持性研究：聚焦使用阶段直接减排与技术优化潜力

- 全生命周期减排优势
- 技术迭代驱动减排
- 政策协同效应



质疑性研究：揭示电池生产与区域电力结构的隐性成本

- 电池生产的高碳足迹
- 电力来源的区域异质性
- 全生命周期数据争议





背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究背景

国内外研究现状

研究问题

研究意义

在全生命周期视角下，

电动汽车究竟是“绿色未来”还是“环境代价”？

电网清洁度如何作为中介路径影响其全生命周期环境成效？

其“清洁”标签是否因区域能源结构差异而存在系统性误判？



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究背景

国内外研究现状

研究问题

研究创新

机制创新

- 本文通过引入固定效应和中介效应模型，量化电动汽车对全生命周期碳排放的传导路径，弥补传统LCA研究机制解释不足的缺陷。

01

方法创新

- 本文基于CEADS数据库的全生命周期动态数据特征，尝试测算新能源汽车碳排放数据，该方法能够有效识别各阶段碳排放情况。

02

实践价值创新

- 本文利用异质性检验，探索可再生能源占比在电动汽车减排成效中的具体影响，对于我国新能源汽车产业绿色低碳转型、推动高质量发展具有重要意义。

03

02

PART TWO



方法与假设

Methods and Hypotheses

- ▶ 研究假设
- ▶ 数据来源与处理
- ▶ 变量体系与构建



背景意义

方法假设

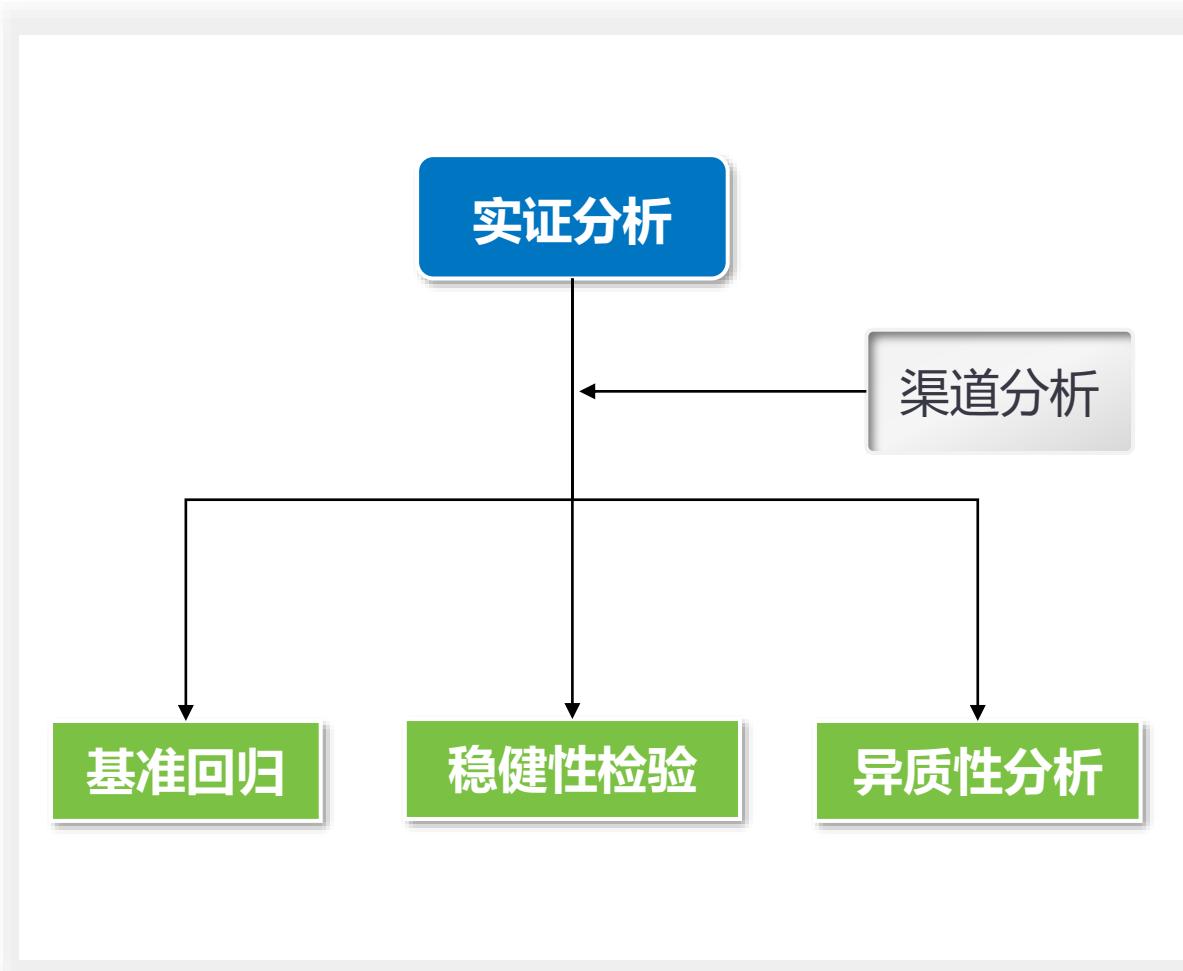
结果分析

结论讨论

研究假设

数据来源与预处理

变量体系构建与测量



假设一

电动汽车保有量与全生命周期视角下的碳排放呈负向关联。

假设二

电网清洁化程度的提高将显著减少电动车使用阶段的碳排放，从而增强电动车的环境效益。

假设三

电动车普及对环境效益的影响存在电力结构异质性。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究假设

数据来源与预处理

变量体系构建与测量

被解释变量

- 全生命周期视角的碳排放测度
- 中国碳排放数据库

解释变量

- 电动车保有量；电动车渗透率
- 公安部

控制变量

- 区域经济发展、交通结构特征、环境约束条件，电动化交通服务能力
- 《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》

工具变量

- 各省新能源汽车财政补贴强度（金额）
- 各省财政厅公开文件

中介变量

- 各省区域电网排放因子
- 国家发改委《省级电网平均排放因子》



背景意义

方法假设

结果分析

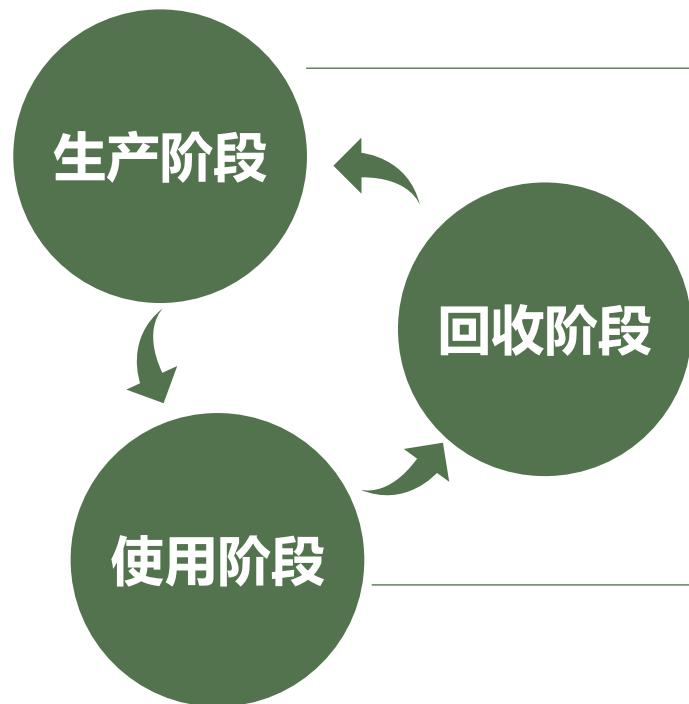
结论讨论

研究假设

数据来源与预处理

变量体系构建与测量

被解释变量



生产占比18%

金属采矿、冶炼、化工原料、金属产品、塑料产品、橡胶产品、化学制品。



回收占比13%

选取废旧电池处理 (Scrap and Waste) , 其碳排放占全生命周期的5%-10%。



使用占比79%

根据ISO 14040/44, 使用阶段需覆盖能源供应 (电力生产) 与功能实现 (车辆行驶) 两大系统边界。



- ✓ 三阶段权重分配采用(Qiao,Q. et al., 2019)的*Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Electric Vehicles in China: Combining the Vehicle Cycle and Fuel Cycle*,
- ✓ 等权处理在细分环节的应用，主要受限于部分工艺碳排放数据的颗粒度不足，此做法在宝马集团的LCA研究中亦有先例。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究假设

数据来源与预处理

变量体系构建与测量

中介变量

电网清洁度

区域电网碳排放因子

二者呈**负向关联**



指电力系统中低碳能源（如水电、风电、光伏、核电等）在发电总量中的占比。

量化单位是电力生产全流程（发电+输配电）的二氧化碳排放量。

区域电网碳排放因子作为电网清洁度的核心量化指标，二者通过“可再生能源占比→单位电力碳排放强度”形成严格负向关联。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究假设

数据来源与预处理

变量体系构建与测量

类型	Variable	N	Mean	p50	SD	VIF
被解释变量	Carbon	124	129.9	100	111.7	
解释变量	Rate	124	0.0620	0.0370	0.0630	5.36
	EV	124	154764	97621	191977	7.37
中介变量	Emission	123	0.332	0.28	0.102	1.33
工具变量	Subsidy	113	31754	8429	70659	2.27
控制变量	Income	122	27529	24757	14868	4.73
	RollingStock	80	17150	1244	35180	4.61
	RouteLength	73	30331	24161	32068	4.14
	RailMileage	78	146.8	31.5	219.7	3.13
	PeopleDensity	123	3050	3021	1109	1.19
	Wastewater	125	40316	14.38	156915	1.80
	PrimarySector	125	103.6	103.5	3.273	1.49
	SecondarySector	125	105.7	105.7	3.669	2.61
	TertiarySector	125	106.4	107.3	2.992	2.28
	Passengers	125	71591	35300	180662	1.28
	Chargers	123	78557	6036	354364	1.36

中国各省份在经济发展水平、产业结构、政策执行力度等方面存在显著差异。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

研究假设 数据来源与预处理

变量体系构建与测量

类型	Variable	N	Mean	p50	SD	VIF
被解释变量	Carbon	124	129.9	100	111.7	
解释变量	Rate	124	0.0620	0.0370	0.0630	5.36
	EV	124	154764	97621	191977	7.37
中介变量	Emission	123	0.332	0.28	0.102	1.33
工具变量	Subsidy	113	31754	8429	70659	2.27
	Income	122	27529	24757	14868	4.73
控制变量	RollingStock	80	17150	1244	35180	4.61
	RouteLength	73	30331	24161	32068	4.14
	RailMileage	78	146.8	31.5	219.7	3.13
	PeopleDensity	123	3050	3021	1109	1.19
	Wastewater	125	40316	14.38	156915	1.80
	PrimarySector	125	103.6	103.5	3.273	1.49
	SecondarySector	125	105.7	105.7	3.669	2.61
	TertiarySector	125	106.4	107.3	2.992	2.28
	Passengers	125	71591	35300	180662	1.28
	Chargers	123	78557	6036	354364	1.36

模型中不存在严重的多重共线性问题，变量间的相关性处于可接受范围内。

03

PART THREE



结果与分析

Results and Analysis

- ▶ 基准回归
- ▶ 稳健性检验
- ▶ 渠道分析
- ▶ 异质性分析



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析

VARIABLES	(1) Carbon	(2) Carbon	(3) Carbon
EV	-0.0075* (0.0040)	-0.0070* (0.0040)	-0.0085* (0.0047)
income	-0.0560 (0.0238)	-0.0572 (0.0343)	0.0493 (0.0315)
Rolling Stock	0.0364 (0.0174)	0.0392 (0.0238)	0.0288 (0.0191)
Route Length	0.0091 (0.0268)	0.0078 (0.0215)	0.0121 (0.0179)
Rail Mileage	2.1327* (1.1935)	1.7822 (1.4019)	0.7116 (1.2106)
People Density	-0.2796 (0.3645)	-0.3063 (0.3732)	-0.3712 (0.3790)
Wastewater	-0.0120 (0.0102)	-0.0116 (0.0109)	-0.0134 (0.0115)
Primary Sector	-83.9141 (89.1923)	-80.2085 (97.7184)	-26.9622 (93.1372)
Secondary Sector	330.7390 (220.5268)	300.8902 (199.2514)	296.7827 (194.4385)
Tertiary Sector	-2.6e+02 (153.8115)	-7.5476 (155.8440)	-97.4577 (146.1740)
Passengers			0.0004 (0.0005)
Chargers			0.0013* (0.0007)
个体效应	固定	固定	固定
时间效应	未固定	固定	固定
Constant	2.1e+04* (7.4e+03)	3.3e+03 (1.1e+04)	1.9e+04 (1.3e+04)
N	68	68	68
adj.R ²	0.2733	0.2811	0.3169

$$Carbon_{it} = \beta_0 + \beta_1 EV_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

- ✓ 电动车保有量每增加1辆，全生命周期碳排放减少0.0085百万吨CO₂量，表明假设1（电动车普及提升环保效益）得到支持。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析

相关性

财政补贴通过降低消费者购车成本直接刺激电动车保有量增长 (Yoo, Yet., al, 2023) ;

外生性

补贴政策由省级财政预算与产业规划决定，与碳排放无直接关联，且通过立法程序提前制定，满足排他性约束。

工具变量估计结果

variables	Carbon	
	(1)	(2)
EV		Carbon
Subsidy	1.0256*	-0.0255*
控制变量	(4.41)	(1.76)
个体效应	YES	YES
时间效应	固定	固定
F值	13.47*	
N	68	68
adj.R ²	0.6723	0.3910

假设1依然成立

相较于基准回归 ($\beta = -0.0085$)，工具变量估计值的绝对值更大，这意味着若不考虑内生性问题，将会低估新能源电动车对碳排放的影响程度。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析

样本时段替换

考虑到COVID19疫情对2020年后交通活动与能源消费的异常冲击 (Wen,W.etal.,2021) , 本文将样本期替换为2017-2020年。



样本筛选与区域异质性

新疆、西藏因经济结构特殊性 (如工业基础薄弱、电动车渗透率低于全国均值60%) 可能导致外推偏误 (高璇, 2019) 。

解释变量替换

渗透率作为市场结构指标, 不仅反映电动车数量, 还隐含充电设施普及、政策扶持强度、消费者接受度等协同效应, 更隐含对传统燃油车的替代效应。

异常值缩尾处理

为减少极端值对估计结果的扭曲, 本文对连续变量进行上下1%的Winsorize 处理 (Martínezetal.,2022b) 。



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variables	Carbon	Carbon	Carbon	Carbon
EV	-0.0083*		-0.0069*	-0.0085*
	(0.0041)		(0.0036)	(0.0048)
Rate		-28.2251**		
		(130.6444)		
	4.6e+04*	-3.3e+02	4.2e+04	1.9e+04
Constant	(1.5e+04)	(358.3192)	(3.5e+04)	(1.3e+04)
控制变量	YES	YES	YES	YES
个体效应	固定	固定	固定	固定
时间效应	固定	固定	固定	固定
N	68	68	74	73
adj.R ²	0.5967	0.2977	0.2832	0.3127

✓ 四类检验均显示，电动车保有量与碳排放的负向关联在不同数据条件下保持稳定，且除替换解释变量外系数波动幅度小，**表明基准结果具有较强可靠性。**

✓ 剔除样本未显著改变效应规模，暗示异常值并非核心驱动因素；而剔除特殊区域后系数仍显著，说明结论可推广至主流经济省份。

✓ 渗透率系数为-28.2251 (5%显著性水平)，绝对值显著高于基准回归结果。

✓ 渗透率每提升1%对应的实际电动车增量可能达到数万辆（取决于总销量基数），而保有量每增加1辆的边际效应显然更小。**这一量级差异使得渗透率系数绝对值天然更大。**



背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析

	(1)	(2)
Variables	Carbon	Emission
EV	-0.0085*	-0.0026*
	(0.0047)	(0.0013)
Constant	4.6e+04*	5.5e+03
	(1.5e+04)	(5.1e+03)
控制变量	YES	YES
个体效应	固定	固定
时间效应	固定	固定
N	68	68
adj.R ²	0.5967	0.1815

$$Carbon_{it} = \beta_0 + \beta_1 EV_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

$$Emission_{it} = \beta_0 + \beta_1 EV_{it} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

- ✓ “电动车普及→电网清洁化→碳排放下降”的传导机制得到充分证实。
- ✓ 本文的研究假设2成立。



背景意义

方法假设

结果分析

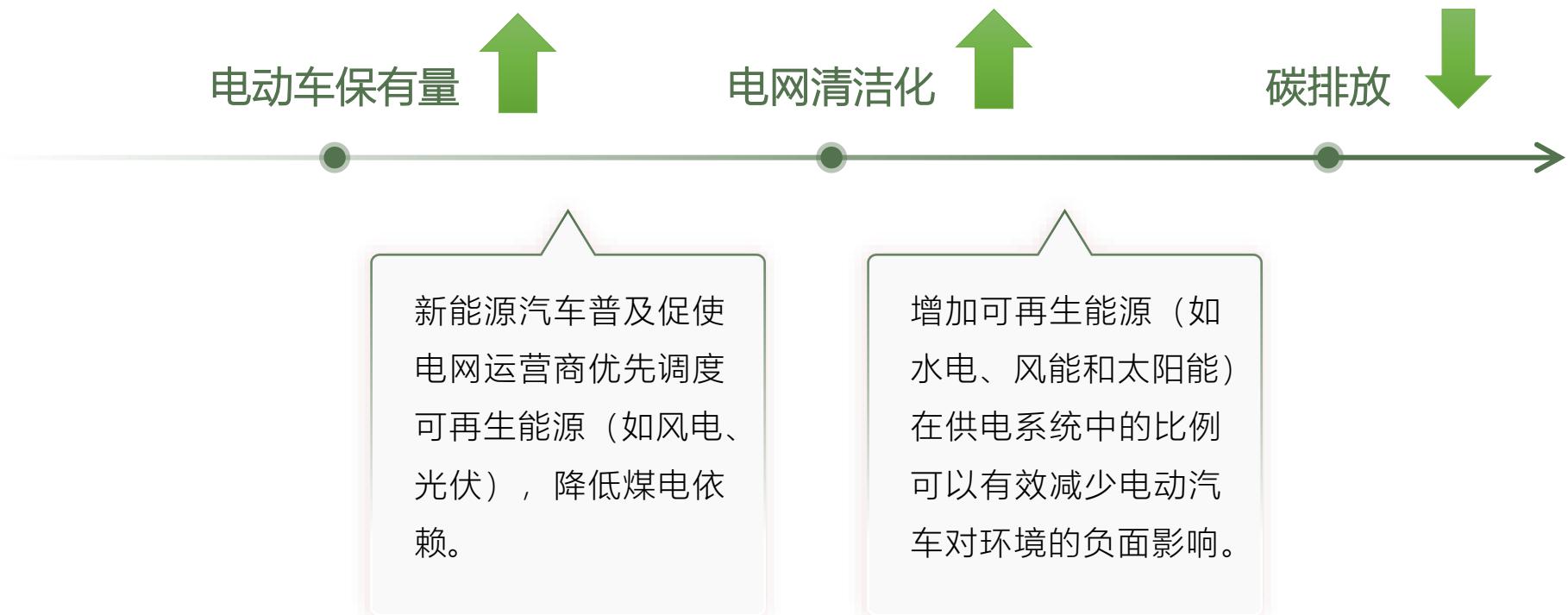
结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析





背景意义

方法假设

结果分析

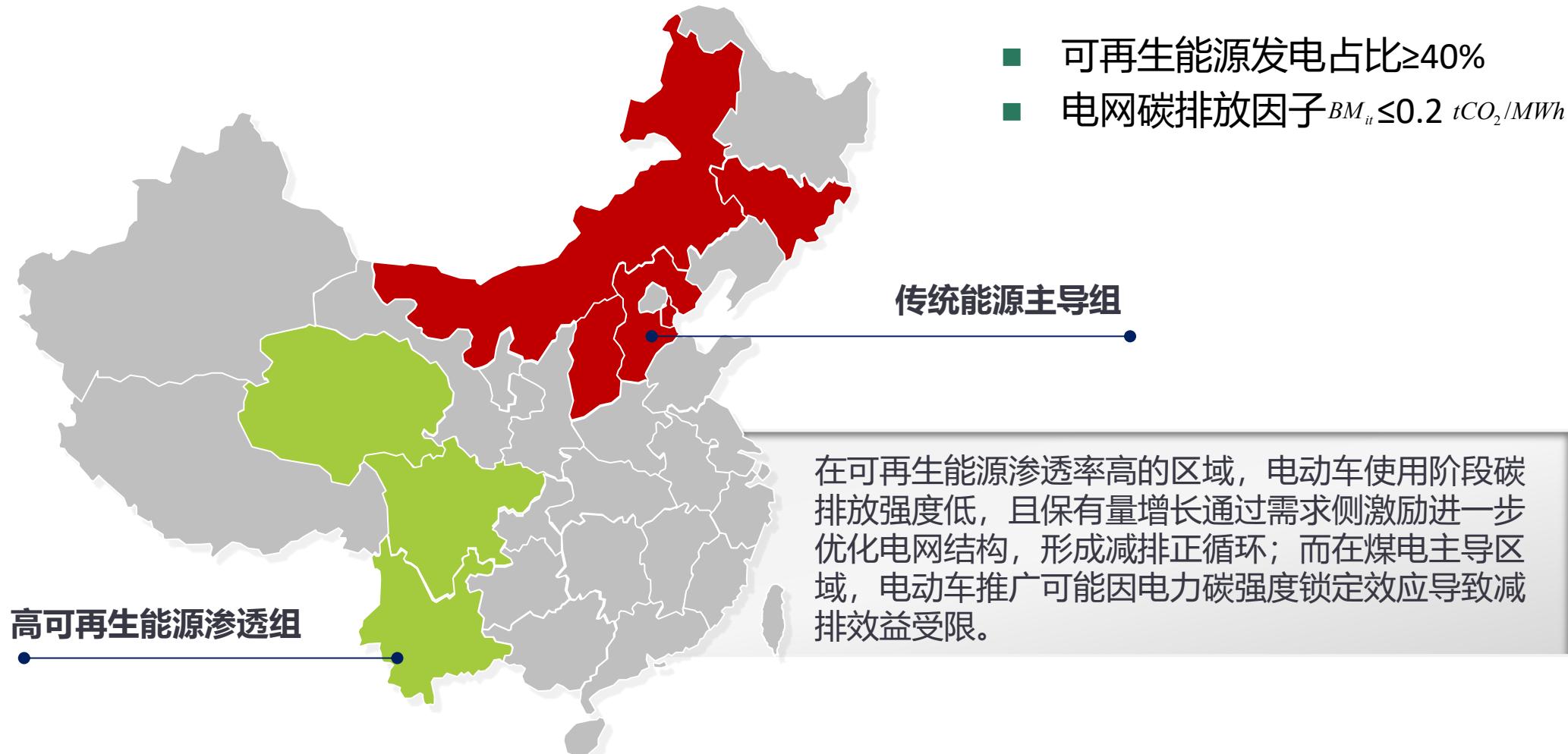
结论讨论

基准回归

稳健性检验

渠道分析

异质性分析





背景意义

方法假设

结果分析

结论讨论

基准回归

稳健性检验
渠道分析

异质性分析

传统能源结构的深层制约



图1 国家能源集团国电电力上海庙公司厂景

- ✓ 重工业密集的产业结构导致电力需求刚性增长。
- ✓ 当新能源车推广与钢铁、化工等高碳产业争夺有限绿电资源时，减排效应被系统性抵消。

清洁能源禀赋与政策创新的协同作用



图2 金沙江水坝示意图

- ✓ 电力系统中，风电、光伏、水电协同互补，电动车充电几乎零碳。
- ✓ 在此电力结构下，新能源汽车每公里碳排放显著降低，形成“清洁发电低碳出行”的闭环系统。

电动汽车究竟是
“绿色未来”还是“环境代价”

电力系统能否实现深度脱碳

04

PART FOUR



结论和讨论

Conclusion and Discussion

- ▶ 研究结论
- ▶ 政策建议



背景意义

材料方法

结果分析

结论建议

研究结论

政策建议 未来展望





背景意义

材料方法

结果分析

结论建议

研究结论

政策建议

未来展望



1. 政策靶点优化
2. 区域适配调控
3. 全链协同升级



优化政策导向，推动结构转型。

- 建议重构补贴机制，以渗透率为考核指标，对持续达标的地区给予财政奖励，弱化对保有量的直接激励，引导地方政府从“冲量”转向“提质”。

分区分类施策，适配资源禀赋。

- 传统能源主导地区应优先推动电力系统低碳转型，通过煤电灵活性改造、绿电消纳配额等机制，打破“高碳锁定效应”。
- 清洁能源优势地区需强化跨区域协同



全链系统协同，突破脱碳瓶颈。

- 深度减排依赖“车-网-矿”全产业链联动。
- 资源富集地区应加速矿业绿色转型，推广纯电动采矿运输设



背景意义

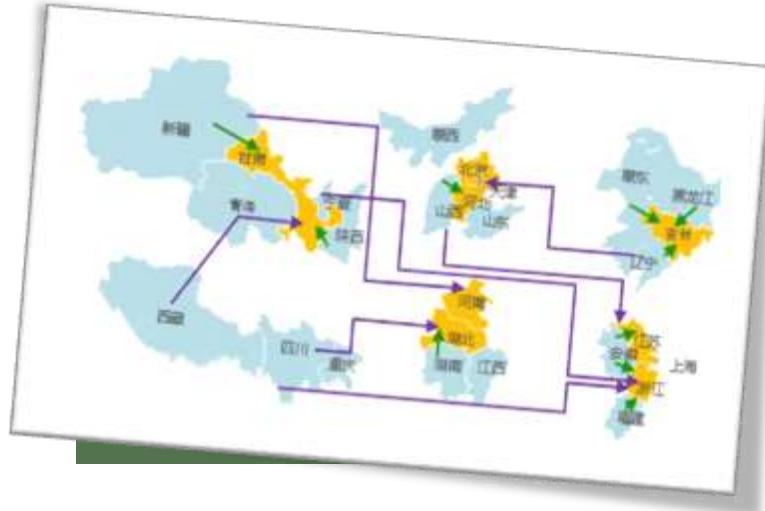
材料方法

结果分析

结论建议

研究结论 政策建议

未来展望

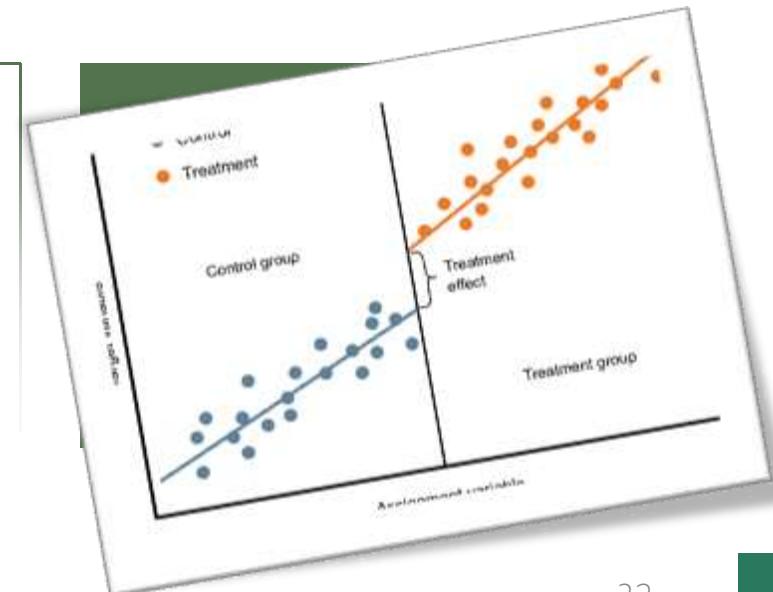


未充分控制跨省电力流动。

如受端区域（如北京）可能通过外购绿电降低实际碳强度，导致本地减排贡献被低估

长期动态效应待深化。

在“双碳”政策加速期（2022-2024年），新能源汽车碳减排效应的潜在影响可能呈现多维度动态变化，未来需结合动态面板或断点回归方法捕捉政策冲击的非线性影响。



恳请各位老师批评指正！

答 辩 人：章静怡

