

新能源车与低碳经济：理想与现实的碰撞

张淞浩¹ 兰皓然² 景江红^{1*}

1. 贵州大学物理学院, 中国·贵州 贵阳 550025

2. 南洋理工大学电子电气工程学院, 新加坡·南洋大道 50 号 639798

摘要:为实现“双碳”目标,新能源汽车作为交通领域减排的核心路径,受到广泛关注。论文以纯电动汽车(BEV)为研究对象,通过生命周期分析法与多源数据整合,评估其不同电网碳强度下的减排效益。同时,结合中国与典型国家的新能源汽车政策开展对比分析,并选取特斯拉与比亚迪为代表案例,探讨其在技术路径与市场策略方面的表现。研究发现,BEV在使用阶段碳排放可降低87%以上,但减排效果显著依赖于区域电网清洁度和电池技术路径。此外,政策激励对市场渗透率具有重要影响,而技术经济性则决定其长期发展潜力。本研究明确了新能源汽车对低碳经济的促进机制,并为政策制定与产业优化提供实践参考。

关键词: 新能源汽车; 能源转型; 低碳经济; 政策分析

New Energy Vehicles and Low - carbon Economy: The Collision between Ideal and Reality

Songhao Zhang¹ Haoran Lan² Jianghong Jing^{1*}

1. School of Physics, Guizhou University, Guiyang, Guizhou, 550025, China

2. School of Electrical and Electronic Engineering (EEE), NTU, 50 Nanyang Avenue, 639798, Singapore

Abstract: To achieve the “double carbon” goals, new energy vehicles (NEVs), as a core pathway for emission reduction in the transportation sector, have garnered extensive attention. This study focuses on battery electric vehicles (BEVs) and evaluates their emission reduction benefits under different grid carbon intensities through life cycle analysis (LCA) and multi-source data integration. Meanwhile, it conducts a comparative analysis of NEV policies in China and typical international countries, and selects Tesla and BYD as representative cases to explore their performance in technological pathways and market strategies. The study finds that BEVs can reduce carbon emissions by over 87% during the usage phase, but the emission reduction effect significantly depends on regional grid cleanliness and battery technology pathways. Additionally, policy incentives have a crucial impact on market penetration, while technical economics determine their long-term development potential. This research clarifies the promotion mechanism of NEVs for the low-carbon economy and provides practical references for policy formulation and industrial optimization.

Keywords: new energy vehicles; energy transition; low-carbon economy; policy analysis

0 前言

在全球气候变化和能源转型的背景下,减少碳排放、实现绿色发展已成为各国政策的核心目标。交通领域作为全球碳排放的重要来源,约占温室气体总排放的四分之一,尤其是公路运输的碳排放问题,急需解决。在此背景下,新能源汽车,特别是电动汽车,以其“零尾气排放”、高能效和低噪音等优势,成为推动低碳交通和绿色经济转型的重要力量。

近年来,中国大力发展新能源汽车产业,自2009年出台补贴政策以来,市场规模不断扩大,技术持续进步。根据《全球电动汽车展望》报告,截至2020年,中国新能源汽车销量达到136万辆,占全球总销量的40%以上,成为全球最大的新能源汽车市场。预计到2025年,新能源汽车年销量将达到700万辆,占新车总销量的20%。电池成本方面,据《全球电池技术报告》显示,锂电池成本已从2010年的

每千瓦时1200美元下降至2020年的100美元以下,显著提升了新能源汽车的市场竞争力。

新能源汽车不仅具备显著的使用阶段碳减排优势,且在与可再生能源协同运行方面展现出广阔潜力。同时,其产业链的发展也为经济增长和绿色就业创造了新的空间。据《新能源汽车产业发展报告》数据,全球该产业已吸引超过2000亿美元投资,带动动力电池、充电设施、新材料等多个相关行业发展,创造了超过200万个就业岗位,成为绿色经济的新引擎。

然而,新能源汽车的普及仍面临一些实际挑战,如充电基础设施不完善、电池技术尚未完全成熟、用户接受度有限以及整车成本仍偏高等问题。此外,不同区域的电网结构、能源结构与政策支持水平不一,也影响了新能源汽车的碳减排效果。这些问题的存在,使得深入研究新能源汽车与低碳经济之间的关系具有重要的理论价值与现实意义。

当前已有大量研究关注新能源汽车在政策支持、技术创新与碳减排等方面的表现,但仍存在若干不足,如缺乏对中国特定能源结构的分析、对区域电网碳强度影响的探讨以及对新能源汽车全生命周期碳排放路径的研究。因此,论文基于文献梳理与案例分析,聚焦新能源汽车在中国背景下对低碳经济的推动作用,从政策效果、碳排放特性等多维度展开探讨,旨在为后续政策优化与绿色技术发展提供理论依据和实践参考。

1 新能源汽车的碳减排效应分析

1.1 全生命周期碳排放结构

在交通部门碳中和进程中,“全生命周期”视角正成为评估技术路线减排潜力的核心方法。根据整理的数

据,电池电动汽车(BEV)的生命周期可分为生产制造、使用阶段、回收处置三大环节,其中生产环节排放占比高达72%~78%,使用环节的排放则高度依赖于电网碳强度;而电池回收若能形成闭环,可再削减约18%生命周期排放。结合BEV与传统汽油车(ICEV)的典型排放数据,直观呈现了三阶段差异,见表1。

表 1 三阶段差异

排放阶段	BEV(2020)	ICEV(2020)	BEV(2030)	减排效率提升
生产制造	45~85	25~30	35~65	22%~24%
使用阶段	30~35	240~320	15~25	87%~92%
回收处置	15~20	5~10	10~15	25%~33%

1.2 区域电网碳强度的耦合效应

新能源汽车在不同区域的实际减排效益并不一致,主要取决于当地电网的碳排放系数。案例显示:在挪威等低碳电网($50\text{g CO}_2/\text{kWh}^{-1}$)环境下,BEV使用阶段可实现75%减排;而在中国东部高碳电网($478\text{g CO}_2/\text{kWh}^{-1}$)条件下,同样车型的减排率仅12%。

因此,在电网尚未彻底脱碳的地区,政策应同步推进可再生能源并网与智能充电/车网互动。例如,通过优化光伏高出力时段的“错峰充电”,可将可再生电能

在EV充电中的占比提高至65%,进一步放大使用环节的减排效益。

1.3 电池技术与回收体系的减排贡献

目前电动汽车主要使用两种类型的电池:一种是三元锂电池(NCM811),另一种是磷酸铁锂电池(LFP),也就是比亚迪广泛使用的“刀片电池”。研究发现,制造一度电(kWh)所用的NCM电池大约会产生98公斤二氧化碳排放,而LFP电池的排放大约是80公斤,排放量低了约14%。如果未来普及的是固态电池,预计每度电的排放还能进一步降低到50公斤以下。

此外,如果在车辆使用寿命超过15年的前提下,电池能实现回收再利用(闭环回收),整车电动车从生产到报废的总排放还可以再减少约18%。因此,建议建立一套更

完善的“以旧换新”和强制回收机制,如通过“生产积分+回收积分”制度,要求车企对电池进行回收处理。还可以在水电资源丰富的地区(如西南地区)建设“绿电+固态电池回收”的基地,把回收过程中的碳排放也降到最低。

2 政策支持与产业发展现状

2.1 中国新能源汽车政策演进与实施成效

自2009年国家首次推出新能源汽车补贴政策以来,中国新能源汽车产业政策持续深化,政策体系不断完善,逐步形成了以财政补贴、积分管理、“双碳”目标驱动为主线的政策推进机制。特别是在“碳达峰、碳中和”战略背景下,新能源汽车被赋予了更为关键的低碳转型角色。

政策演进大致分为三个阶段:第一阶段(2009—2014年)为起步探索期,财政补贴以推广应用为核心,如“十城千辆”工程有效带动了城市公共交通领域电动车的普及;第二阶段(2015—2020年)为市场培育期,实施“双积分”政策和购置税减免等措施,鼓励整车厂提升新能源产能与能效技术;第三阶段(2021年至今)进入深化调整期,补贴退坡与“新能源汽车产业发展规划(2021—2035)”相结合,强调政策的退出机制与产业自主创新。

截至2024年底,中国新能源汽车保有量已突破1800万辆,占全球新能源车总量近一半。2023年新能源汽车销量达949万辆,同比增长37.9%,市场渗透率达31.6%。政策支持不仅显著提升了市场规模,也促使产业链关键环节(如电池制造、驱动系统、电控技术)实现了自主可控与大规模商业化应用。

然而,政策实施仍面临一些挑战。例如,地方保护主义、补贴退坡后的“断档效应”、基础设施发展不均等问题依然存在,尤其在三、四线城市和农村地区,充电桩密度与服务保障尚难满足用户日常需求。

2.2 国际经验对中国的启示

国际新能源汽车发展经验对中国具有重要借鉴价值。以挪威为例,其通过高额购置补贴、购车免税、使用权利优先(如免过路费、公交车道通行)等多层次政策,使得电动汽车在2023年新车销量中的占比已超过80%。值得一提的是,挪威并未依赖本土整车产业基础,而是通过持续的政策一致性与高比例可再生能源电网(超过98%的水电)构建起完整的绿色交通体系。

德国则在政策设计上强调“绿色产业协同”,通过“国家电动出行发展规划”与“氢能发展路线图”协同推进,同时强化动力电池领域的本土制造能力。德国政府提出,到2030年将实现1500万辆电动汽车保有量,配合能源结构转型,实现交通系统碳排放下降约42%(相较2015年)。

美国则以产业激励为主,强调财政税收激励与研发投入并重。《通胀削减法案》(IRA)提出的7500美元联邦税收抵免政策,为新能源汽车提供了中长期稳定的市场

信号,同时也推动了电池产业“本土化”趋势。根据 Woody et al. (2023) 的模拟结果,若电网碳强度控制在 180g/kWh 以下,美国电动车在行驶超过 32000 公里后即可实现碳排放反超传统燃油车。

这些国家的经验表明:稳定、长期、具有配套机制的政策体系,配合清洁电力系统支撑与地方政府积极执行,是实现新能源汽车与低碳经济协同推进的关键路径。

2.3 政策与产业互动:激励机制、市场响应与问题反思

政策推动不仅提升了新能源汽车的市场渗透率,也塑造了产业发展的核心路径。从产业链响应角度看,政府补贴与技术路线政策直接影响了整车企业的研发重点。例如,在“双积分”机制推动下,整车厂商逐步放弃“油改电”车型,转而加快纯电平台与高效电池的布局。根据 Wolfram 等人(2021)的研究发现,在政策的推动下,政府把电池生产过程中产生的碳排放成本也考虑进了新能源汽车的整体价格体系。这种“把排放算进总账”的做法,让电动汽车在市场上更具吸引力。数据显示,消费者对电动汽车的接受度显著提高,电动车的“市场反应灵敏度”(即渗透率增长的速度)从原来的 1.23 提升到了 1.56,说明一旦政策引导得当,整个产业链的反应就会变得更积极、扩张也更快。

在碳定价机制方面,国内仍处于探索阶段。尽管全国碳市场已在 2021 年上线交易,但覆盖范围主要集中在电力行业,尚未延伸至交通端。与之对比,欧盟“碳边境调节机制”(CBAM)已开始对汽车制造的供应链提出碳合规要求,中国若希望保持出口竞争力,需建立包括整车制造、电池回收、能源结构等环节在内的完整碳足迹追踪体系。

此外,部分政策存在实施滞后或适配性差的问题。例如,新能源专属车牌、充电桩标准等各地落地执行时差异较大,影响了用户的使用体验与推广信心。更重要的是,政策对消费者行为影响不容忽视。研究表明,购车补贴金额每减少 1 万元,纯电车型的订单量将减少约 12.5%,表明当前市场尚未完全脱离政策依赖。

3 技术经济性与未来发展潜力

3.1 成本下降趋势与碳交易价值

近年来,新能源汽车特别是电动汽车的制造成本持续下降,显著提升了其经济可行性。以电池为核心部件,全球动力电池价格已从 2010 年的每千瓦时约 1100 美元,降至 2023 年约 139 美元/kWh,部分 LFP 体系电池已低于 100 美元/kWh。根据彭博新能源财经(BNEF)预测,至 2025 年电池成本有望进一步降至 80 美元/kWh 以下,推动整车成本与燃油车趋同。

在此基础上,新能源汽车可参与碳排放权交易市场(CCER),通过低碳出行带来的减排量获取碳收益。例如,按照每辆 BEV 年均减排 2 吨 CO₂ 测算,若碳价为 100 元/吨,

每辆车每年可带来 200 元碳收益,形成新的经济激励机制。随着“碳达峰、碳中和”战略推进,碳市场价格逐步走高,新能源汽车所具备的减排潜力将具备更高的交易价值和政策红利。

3.2 市场竞争与替代燃油车潜力

在技术与政策推动下,新能源汽车在市场上的竞争力不断增强。2024 年中国新能源汽车销量突破 950 万辆,占比达 36.5%,逐步从早期的补贴驱动逐步转向市场驱动。比亚迪、特斯拉等头部企业在产品续航、智能化、性价比等方面持续创新,打破了传统燃油车在中低端市场的统治地位。

根据中国汽车工业协会数据,2023 年中国传统燃油车销量同比下降 11.3%,而新能源车则增长 30% 以上。在多个城市,如深圳、上海,新注册车辆中新能源汽车占比超过 70%,体现出显著的替代趋势。结合生命周期排放估算,一辆 BEV 在其全生命周期中可比同级别 ICEV 减少约 12 吨 CO₂ 排放,若替代 1000 万辆燃油车,每年可减少约 3000 万吨碳排放,具有显著的环境与经济效益。

3.3 未来发展趋势与挑战

新能源汽车未来发展呈现出“智能化、网联化、低碳化”三重融合趋势。一方面,自动驾驶、车路协同等智能技术加速应用;另一方面,新能源汽车正与智能电网、储能系统深度融合,推动能源系统与交通系统协同减碳。例如,特斯拉正在推进 Robotaxi 商业化,预计 2025 年前投入运营,该模式有望将出行单位成本降至每英里 0.2 美元,并显著提高能源使用效率。

比亚迪则通过电池自产自研的刀片电池和整车集成优化,实现全产业链协同,提升成本控制与技术更新效率。其在东南亚、欧洲等市场的快速扩张,显示出中国新能源汽车品牌的全球竞争潜力。

不过,尽管前景可期,新能源汽车发展仍面临电池回收、关键材料保障、低温性能、城乡基础设施差异等挑战。政策上也需在补贴退出背景下构建长期有效的市场化机制,推动从“政策驱动”转向“技术+市场双轮驱动”。

4 研究结论与建议

本研究以新能源汽车为研究对象,评估了其在推动低碳经济中的实际效果与发展潜力。通过对全生命周期碳排放、电网碳强度、电池技术路径与政策支持机制的分析,得出以下结论:

首先,在碳减排方面,新能源汽车,尤其是纯电动汽车(BEV),在使用阶段具备显著优势。在电网碳强度较低的区域,其生命周期碳排放较传统燃油车可减少 50% 以上。而电池回收、固态电池等新技术的应用,进一步提升了其整体减排潜力。

其次,中国通过财政补贴、积分政策与基础设施建设等手段,有效推动了新能源汽车市场快速增长。2023 年销

量突破 900 万辆，市场渗透率超过 30%。借鉴挪威、德国等国家的政策实践，稳定且配套完善的激励机制，是促进新能源汽车渗透与技术创新的关键。

最后，随着电池成本持续下降与碳交易机制逐步建立，新能源汽车在经济性上已具备较强竞争力。头部企业如比亚迪与特斯拉在成本控制、智能化与全球化布局方面均取得显著成效，展现出良好的市场替代潜力。

综合来看，新能源汽车是推动交通能源结构转型和实现“双碳”目标的重要抓手。建议未来继续加快电网清洁化进程，构建覆盖“制造—使用—回收”的全生命周期碳管理机制，并优化政策工具，提升产业可持续发展能力。

参考文献：

- [1] Nature Communications. Pricing indirect emissions accelerates low-carbon transition of US light vehicle sector[J]. 2021(s41467-021-27247-y).
- [2] Nature Communications. Decarbonization potential of electrifying 50% of U.S. light-duty vehicle sales by 2030[J]. 2023(s41467-023-42893-0).
- [3] Nature Energy. The closing longevity gap between battery electric vehicles and internal combustion vehicles in Great Britain[J]. 2025(s41560-024-01698-1).
- [4] Scientific Reports. Ensuring greenhouse gas reductions from electric vehicles compared to hybrid gasoline vehicles requires a cleaner U.S. electricity grid[J]. 2024(s41598-024-51697-1).
- [5] Nature Reviews Earth, Environment. Electric light-duty vehicles have decarbonization potential but may not reduce other environmental problems[J]. 2024(s43247-024-01608-z).
- [6] Scientific Reports. Impact of battery electric vehicle usage on air quality in three Chinese first-tier cities[J]. 2023(s41598-023-50745-6).
- [7] PubMed Central. Decarbonization potential of electrifying 50% of U.S. light-duty vehicle sales by 2030[J]. 2023(PMC10625617).

作者简介：张淞浩，男，在读本科生。

课题项目：贵州大学实验室开放项目资助（项目编号：SYSKF2025-102）。