

迈向“双碳”研究系列报告

《中国电动汽车替代燃油车的温室气体排放回收期》
(S 系列-2022S03)

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心
中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

2022 年 12 月 24 日



中国油气产业发展研究中心

Research Center for China's Oil and Gas Industry Development

中国石油大学（北京）中国油气产业发展研究中心成立于 2010 年，并挂靠在经济管理学院。中心定位为“国际知名、国内一流的油气产业发展研究基地”，围绕五大研究方向和五大应用领域，重点承担和开展一批基础理论与实践应用研究课题。自成立以来，中心学术影响力和社会影响力在不断提升，已经累计承担课题 100 多项，其中国家社科基金重大项目 1 项、教育部人文社科基金重大项目 1 项、国家自然科学基金/社会科学基金项目 9 项、国际合作基金 2 项、国家部委项目 31 项、企业项目 75 项；出版了学术专著 19 部、教材 4 部。近 5 年，中心发表学术论文 100 多篇，多数被 SCI/SSCI/CSSCI/CSCD 收录；获得国家能源局、商务部、中国石油和化学工业联合会等省部级科技奖励 16 项。目前中心有研究人员 12 名，其中教授 5 名，博士生导师 5 人。



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院(简称“中石大碳能院”)是在国家碳达峰和碳中和目标(简称“双碳”目标)下,中国石油大学(北京)主动服务国家需求,积极响应国家建设高校特色智库的要求,结合学校自身优势,于2021年9月成立的智库性质的研究机构,也是支持中国石油大学(北京)“一带一路”能源合作伙伴关系合作网络高校(青年)工作组组长单位业务开展的主要研究机构。中石大碳能院为应对气候变化和“双碳”目标下的国际、国家、行业、企业在能源与油气领域的发展提供第三方分析、评价与政策建议。通过每年向社会公众发布指数类、研究类、专题类系列报告,并向国家决策部门和行业决策者提供政策建议,定期举办相关特色论坛等,逐步打造“立足中国、面向世界”、“聚焦油气、辐射能源”的特色鲜明的能源类高校“双碳”政策类研究智库。

中国电动汽车替代燃油车的温室气体排放回收期

核心摘要

尽管纯电动汽车替代燃油车在使用阶段能够带来可观的减排效益，但电动车生产过程的温室气体排放较燃油车生产更高；电动车真正实现减排是在达到温室气体盈亏平衡点以后。本研究基于 2012 年至 2018 年中国生产和销售的 160 万辆纯电动乘用车和 1.5 亿辆燃油乘用车数据，量化了纯电动汽车偿还生产阶段“温室气体债务”所需要的时间，即温室气体盈亏平衡年。结果发现，中国纯电动汽车平均需要行驶 4.5 年才能中和生产阶段造成的额外温室气体排放。2016 年以前，超过五分之四的电动车可以在电池五年质保期内达到温室气体的盈亏平衡点；2016 年以后随着电池质保期延长至八年，这一比例提升至 92%。受所在地区电力结构、车辆年行驶距离等因素影响，我国电动车相较于燃油车的温室气体盈亏平衡点在不同省份具有显著的空间异质性。

1. 研究背景与目的

当前全球正经历着电动汽车市场的快速扩张，越来越多的国家和地区宣布未来更具雄心的汽车电气化目标。中国也将纯电动汽车的部署作为实现碳中和的关键路径之一。虽然纯电动车在使用阶段相较于燃油车具有更高的温室气体减排效益，但容易被忽视的是，减排效益的实现具有一定的时间延迟性。由于纯电动汽车生产阶段的温室气体排放高于燃油汽车，真正实现减排，还需要一段时间的行驶以达到温室气体排放的盈亏平衡点。本报告基于中国 2012-2018 年生产和销售的 160 万辆纯电动乘用车和 1.5 亿辆燃油乘用车数据，量化了纯电动企业汽车偿还生产阶段温室气体债务所需要的时间，即温室气体盈亏平衡年。

2. 主要研究思路与方法

温室气体盈亏平衡年的计算基于汽车全生命周期温室气体排放评估(LCA)，将纯电动汽车和与其匹配的燃油汽车的累计温室气体排放逐年比较计算而得。汽车温室气体排放使用中国汽车生命周期评估模型(CALCM)。盈亏平衡年的计算对于每一辆 BEV，找寻与其车型、车级和产销年份相匹配的所有 ICEV，以这些 ICEV 温室气体排放的平均值作为比较标杆，识别 BEV 与 ICEV 温室气体排放的盈亏平衡点。此外，研究采用单一变量扰动分析和正交矩阵方法，对估算过程中的一些关键参数进行敏感性分析与不确定性分析。

3. 主要研究思路与方法

3.1 中国纯电动汽车温室气体盈亏平衡年分布

通过比较 2012 年至 2018 年每辆纯电动汽车和与其匹配的燃油汽车温室气体排放水平，研究证实了纯电动汽车温室气体债务的存在，纯电动汽车在生产阶段的温室气体排放大约是燃油汽车的 1.4 倍。在中国，纯电动汽车平均需要 4.5 年来弥补其生产阶段的温室气体债务，温室气体盈亏平衡年的分布从 0 年（即生产年）至 11 年不等。温室气体盈亏平衡年的分布曲线呈偏态分布，标准差为 2.4 年，偏态系数为 0.8，大约 70.4% 的车辆可以在一个标准差范围内（即 2.1-6.9 年）偿还温室气体债务。温室气体盈亏平衡年为 0 年的纯电动汽车意味着在车辆生产阶段其温室气体排放量就小于与其匹配的燃油汽车，这些电动汽车占总样本的 1.7%，主要为 A00 车级，与其他车级相比，这些纯电动汽车的电池容量和车辆重量明显更轻。温室气体盈亏平衡年超过 11 年的纯电动汽车约占总样本的 2.9%，主要为 MPV 车型的 A0 车级，由于其该车型车级的纯电动汽车和与其匹配的燃油汽车存在巨大的重量差异，使得其在车辆生产阶段产生了难以偿还的温室气体债务。在 2016 年之前生产和销售的纯电动汽车中，有五分之一未能在五年的电池保修期内达到温室气体盈亏平衡点；2016 年电池保修期延长至八年，2016 年至 2018 年有 8% 的纯电动汽车未能在电池保修期内达到盈亏平衡点。

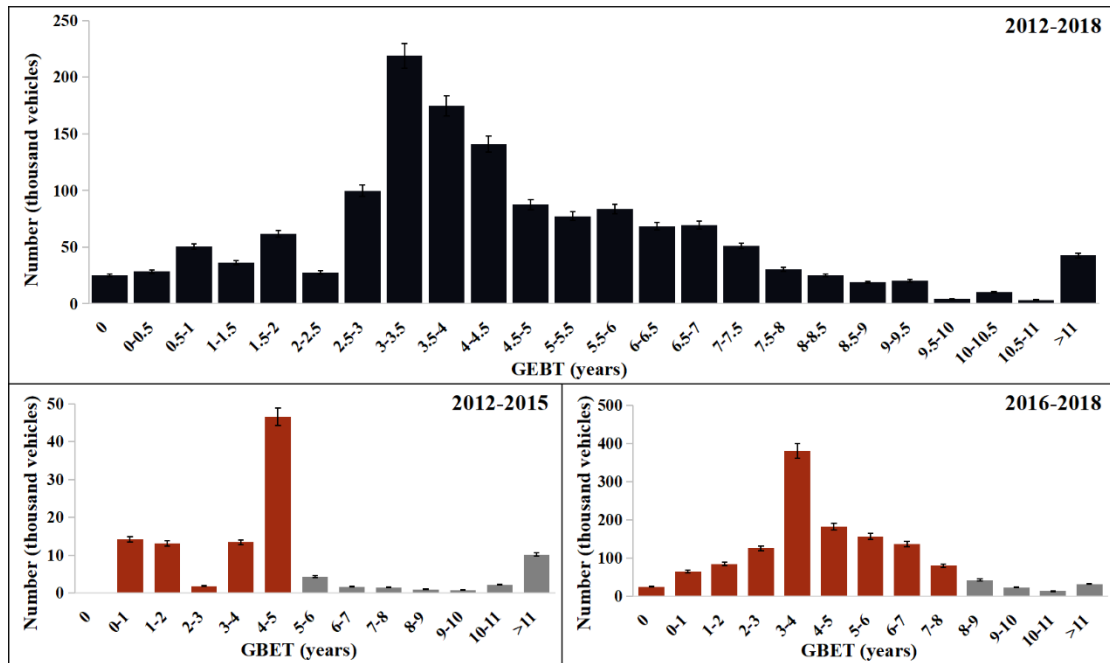


图 1 2012-2018 年中国纯电动汽车的温室气体盈亏平衡年

注：根据电池保修要求，2014 年新能源汽车电池为 5 年保质期，2016 年之后为 8 年保质期。红色表示在 2012 年至 2018 年电池保修期内达到温室气体盈亏平衡年的纯电动汽车（由于 2012 和 2013 年没有电池保修要求的官方文件，假设其电池保质期与 2014 年一致）。

3.2 中国纯电动汽车温室气体盈亏平衡年的省域差异

我国各省份的平均温室气体盈亏平衡年存在着显著的差异(图 2)。在 2018 年，东北各省份的纯电动汽车的平均温室气体盈亏平衡年为 6.9-7.9 年，比西南省份的平均温室气体盈亏平衡年长 2-6 年。电池重量、车辆的整备重量、车辆年行驶里程和当地电网排放因子等是温室气体盈亏平衡年省份差异的影响因素。其中，车辆年行驶里程和电网排放因子在省份间波动较大。2018 年，各省份的车辆年行驶里程的分布范围为 678（西藏）~15927（广东）km；各省份的电网排放因子排

时间尺度改进对电动汽车气候减排效益的认识、并将其纳入决策考量提供了依据。

首先，政策制定者可以在纯电动汽车的部署中增加基于温室气体盈亏平衡年的衡量指标。有利于交通出行行业碳减排的政策并不是有多少电动汽车被生产和销售，而是有多少电动汽车实现了真正的碳减排效益。在已有的电动汽车渗透率指标基础上，可增设达到温室气体盈亏平衡年的纯电动汽车占比作为衡量车队减排效益的指标。

其次，电动汽车温室气体盈亏平衡年还可以为纯电动汽车的预期寿命或电池更换时间提供技术标准。中国目前要求新能源汽车的电池保修期不少于八年，本研究发现并非所有乘用车都可在八年电池质保期内实现减排。未来可将温室气体盈亏平衡点纳入质保期制定的依据，同时可考虑不同车型设置差异化的电池质保期。

此外，车辆轻量化、材料回收、电网脱碳、电池的回收与次级利用等措施除了提升电动汽车全生命周期减排效益之外，还可以提前温室气体盈亏平衡点，使其更快地发挥减排效益。

关于作者

系列报告总协调人：王建良、姜钰卿

本报告主笔人：



任悦，中国石油大学（北京）经济管理学院硕士研究生，研究方向为环境—能源—经济系统分析。荣获 2022 年研究生国家奖学金、北京市优秀毕业生、第六届全国大学生能源经济学术创意大赛特等奖、第八届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛全国银奖等奖项。



孙铎，中汽数据有限公司资深研究员，高级工程师；联合国 WP.29 汽车生命周期评价非正式工作组中方专家，中德应对气候变化项目组中方专家，生态环境部、工信部等汽车行业碳达峰碳中和研究专家，中国科学院生态中心硕士行业导师，清华大学环境学院客座讲师，阿岗实验室、柏林理工大学访问学者，*The International Journal of Life Cycle Assessment* 编委，*Applied Energy*、*Environmental Science & Technology*、*Journal of Cleaner Production* 等审稿人。先后主持和主要参与科研课题 35 项，获得省部级及社会力量奖一等奖、二等奖、三等奖和优秀奖，在等国外期刊发表论文 30 篇，执行主编及参编学术著作 8 本。研究方向包括生命周期评价方法与应用、碳足迹分析、碳排放标准政策研究、低碳技术、碳中和路径分析、资源效率分析和生态价值研究等。



郑馨竺 (1991.8-), 女, 中国石油大学(北京)经济管理学院副教授, 博士生导师。主要从事环境—能源—经济系统分析、可持续发展政策综合评估等方面的研究工作。主持国家自然科学基金青年科学基金项目, 近四年在 *Nature Geoscience*, *Nature Communications*, *One Earth*, *PNAS* 等国内外高水平期刊发表论文 30 余篇。荣获北京市第十二届青年教师教学基本功大赛文科组一等奖、清华大学优秀博士毕业生、2020 年度中国生态环境十大科技进展等奖项。

本报告校对入: 王建良、姜钰卿

报告引用: 任悦, 孙铎, 郑馨竺. 中国电动汽车替代燃油车的温室气体排放回收期[R]. 中国石油大学(北京)碳中和与能源创新发展研究院, 2022S03, 2022 年 12 月 24 日.



中石大碳能院

ICED-CUPB

中国石油大学（北京）碳中和与能源创新发展研究院

Institute of Carbon Neutrality and Innovative Energy Development, China University of Petroleum,
Beijing (ICED-CUPB)

联系电话：18910556924

邮箱：iced-cupb@cup.edu.cn

微信公众号：ICED-CUPB

地址：北京市昌平区府学路 18 号

Add: No. 18, Fuxue Rd., Changping District, Beijing, 102249, China

