

加速海南省新能源汽车推广 助力实现2030年前碳达峰目标

作者：崔洪阳、解奕豪、牛天林

关键词：新能源汽车、碳达峰、海南、道路交通

研究背景

2019年3月，海南省发布了《海南省清洁能源汽车发展规划》（后简称《2019规划》），提出了在2030年前逐步停止销售新的汽柴油车的路线图¹。从2030年起，海南省所有新销售的汽车只能是新能源汽车（包括纯电动汽车、插电式混合动力汽车、燃料电池汽车）或者天然气汽车（包括压缩天然气汽车和液化天然气汽车），二者在《2019规划》中被统称为清洁能源汽车。

如表 1所示，《规划》将汽车细分为11个车辆类型，并为每一个车辆类型都提出了新销量逐步实现100%新能源化或者100%清洁能源化的时间表。对于乘用车（出租车除外）和公交车，海南省将新能源汽车视为唯一的清洁技术路线，提出了在2030年前实现新销量100%为新能源汽车的目标。而对于客车和货车，海南省也将新能源汽车视为最优的技术路线。但是，由于在《2019规划》制定时国内外对于客车和货车电动化的可行性尚缺乏充分的研究，因此《2019规划》并未对客车和货车提出明确的新能源汽车占比目标，而是将天然气汽车作为一种替代性的清洁技术路线纳入考量，提出了客车和货车在2030年前实现新销量100%为清洁能源汽车的目标。

www.theicct.org

communications@theicct.org

[twitter @theicct](https://twitter.com/theicct)

¹ 海南省人民政府, “海南省清洁能源汽车发展规划,” 2019年3月6日, <https://www.hainan.gov.cn/hainan/szfwj/201903/51856f7e3b3d4fa6b4efc4a0ffdf98e8.shtml>

致谢：本研究是在国际气候倡议（IKI）的慷慨资助下完成的。我们感谢中国汽车技术研究中心的吴松、史雪枫、康凯对本研究所给予的技术支持。同时，我们也感谢何卉、张耘天、Felipe Rodriguez、Jennifer Callahan、Josh Miller以及Ray Minjares对报告初稿进行的审阅及提出的建设性意见。本研究可能存在的疏漏和不完善之处均由作者负责。

表 1 海南省2021、2025、2030年分车辆类型的新能源汽车和清洁能源汽车销量占比目标以及2021年实际的销量占比

车辆类型		新销量占比目标						2021年实际的新销量占比	
		2021		2025		2030			
		新能源	清洁能源	新能源	清洁能源	新能源	清洁能源	新能源	清洁能源
乘用车	私家车	40%	40%	80%	80%	100%	100%	26%	26%
	公务车	100%	100%	100%	100%	100%	100%	84%	84%
	出租车	80%	100%	80%	100%	80%	100%	96%	100%
	网约车	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	租赁车	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
公交车	公交车	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
客车	旅游客车		40%		100%		100%	37%	51%
	城际客车		40%		100%		100%	18%	71%
货车	环卫车	50%		50%		50%	100%	36%	36%
	轻型货车 ^a						100%	14%	15%
	中重型货车 ^b						100%	0.2%	15%

^a轻型货车指的是车辆总重不超过4.5吨的货车，不包括环卫车。

^b中重型货车指的是车辆总重在4.5吨以上的货车，不包括环卫车。

《2019规划》发布后已经过去三年。在这三年中，有两个方面的最新进展呼唤海南省进一步加速新能源汽车的推广。第一，海南省于2022年8月发布了《海南省碳达峰行动方案》，提出了“确保于2030年前实现碳达峰，争做碳达峰碳中和工作优等生”的目标²，而加速新能源汽车推广对于海南省的道路交通部门如期实现碳达峰至关重要。第二，随着新能源汽车技术的发展和新能源汽车产品的成熟，国内外对客车和货车电动化可行性的理解也更加深入。很多在过去三年中新发表的研究都对新能源客车和新能源货车车型的性能及经济性进行了深入分析，全球范围内很多国家和地区的政府也基于这些最新进展提出了针对客车和货车的电动化目标³。

在这一背景下，本研究对海南省在《2019规划》所提出目标的基础上进一步加速新能源汽车推广的必要性进行的探究，通过排放建模的方法评估了海南省的道路交通部门要如期实现2030年前碳达峰的目标所需的新能源汽车推广速度。在进行排放建模的情景设计时，我们充分考虑了海南省不同车辆类型进行电动化转型的可行性。基于排放建模的结果，我们对海南省的新能源汽车推广提出了相应的政策建议。

2 海南省人民政府，“海南省碳达峰行动方案”，2022年8月22日，<https://www.hainan.gov.cn/hainan/szfwj/202208/911b7a2656f148c08e5c9079227103a7.shtml>

3 Yihao Xie et al., “Heavy-Duty Zero-Emission Vehicles: Pace and Opportunities for a Rapid Global Transition,” (ICCT: Washington, DC, 2022), <https://theicct.org/publication/hdv-zevtc-global-may22/>; Shiyue Mao and Felipe Rodríguez, “Race to Zero: How Manufacturers are Positioned for Zero-Emission Commercial Trucks and Buses in China,” (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/race-to-zero-how-manufacturers-are-positioned-for-zero-emission-commercial-trucks-and-buses-in-china/>; Shiyue Mao et al., “Total Cost of Ownership for Heavy Trucks in China: Battery Electric, Fuel Cell, and Diesel Trucks,” (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/total-cost-of-ownership-for-heavy-trucks-in-china-battery-electric-fuel-cell-and-diesel-trucks/>; Hongyang Cui and Dale Hall, “Annual Update on the Global Transition to Electric Vehicles: 2021,” (ICCT: Washington, DC, 2022), <https://theicct.org/publication/global-ev-update-2021-jun22/>

排放建模分析

排放建模方法

我们采用ICCT的Roadmap模型进行排放建模，以2021年为基准年，对海南省2021-2035年间道路交通部门的二氧化碳排放量进行了预测⁴，所有在海南省注册的汽车（包括乘用车、公交车、客车、货车）都被纳入考量。参考欧盟关于碳排放测算边界的划定方法，本研究将道路交通部门的排放定义为“油箱到车轮（tank-to-wheel, TTW）”的排放，即尾气排放⁵。而“油井到油箱（well-to-tank, WTT）”的排放，也就是车辆生产、维保、和报废过程中产生的上游排放以及车用燃料的生产、存储、和运输过程中产生的上游排放，不被计入道路交通部门，而是被视为其他部门（如能源部门、工业部门）的排放。

在排放建模时，对于乘用车、公交车和客车，我们沿用了《2019规划》中的方法细分车辆类型。而对于货车，本研究在《2019规划》的基础上又进一步将货车细分为五类，包括环卫车、轻型货车、工程作业车辆、集疏港车辆、以及工业运输车辆。这种新的分类方法考虑了海南省货车车队的本地特征，同时也着重彰显了不同类型的货车在车辆参数、运行特点、以及所有权等影响电动化难易程度的关键因素上的差异。通常来说，具有（1）车辆总重较轻（2）行驶距离较短（3）运行路线较固定（4）所有权中国有的成分较多等特点的货车车队更容易完成电动化转型。表 2详细描述了本研究所细分的五类货车类型的关键特征，并从以上四个方面对不同类型的货车进行电动化转型的可行性进行了定性评估。评估结果显示，在海南省的这五类货车中，环卫车和工程作业车辆进行快速电动化转型的可行性最高，其次是轻型货车，然后是集疏港车辆和工业运输车辆。

4 International Council on Clean Transportation (ICCT), “Roadmap model version 1.8,” (Washington, DC, 2022), <https://theicct.github.io/roadmap-doc/versions/v1.8/>

5 European Environment Agency, “Transport and Environment Report 2021, Decarbonizing Road Transport – the Role of Vehicles, Fuels, and Transport Demand,” (Copenhagen, 2022), https://www.eea.europa.eu/publications/transport-and-environment-report-2021/at_download/file

表 2 本研究对海南省货车的分类以及对各类货车电动化可行性的定性评估

货车类型	特征描述	影响电动化难易程度的因素				多因素综合的电动化可行性
		车辆总重	行程长短	行驶路线的固定程度	所有权中国有成分的多少	
环卫车	由国有企业持有，用于垃圾收集和城市清洁。日均行驶里程在30公里左右。	轻	中	高	多	高
轻型货车	一部分由物流企业持有，用于城市物流运输；另一部分由个体户持有，用于个体经营。日均行驶里程在70公里左右。	轻	中	中	少	中
工程作业车辆	在港口、建筑工地、工业园区等封闭场站内行驶。日均行驶里程在10公里左右。	中	短	高	中	高
集疏港车辆	货物运输的路线相对固定，在港口和货运集散地之间往返，平均的单程行驶里程在200公里左右。以集装箱和仓栅式半挂牵引车为主，多为私营持有。	重	长	高	少	相对较低
工业运输车辆	货物运输的路线相对不固定，典型路线包括将矿石从矿场运输至钢铁厂，平均的单程行驶里程为100公里左右，以及将钢铁从钢铁厂运输至建筑工地，平均的单程行驶里程在180公里左右。以自卸车和平板、栏板、罐式半挂牵引车为主，多为私营持有。	重	长	低	少	相对较低

本研究的排放建模考虑了两个情景，一是基准情景，二是加速情景。对于基准年2021年，两个情景所使用的新销量中新能源汽车占比的数据是完全一致的，都是海南省2021年的实际值；而对于2022-2035年，两个情景对新销量中新能源汽车占比的假设则是不同的。如表 3所示，在基准情景下，乘用车和公交车新销量中新能源汽车的占比将按照《2019规划》中所提出的目标逐步上升至100%，而客车和货车新销量中新能源汽车的占比将保持2021年的水平不变。

表 3 基准情景的核心假设

车辆类型		2021年的新销量 (实际值)	2021年新销量中新能源汽车的占比 (实际值)	对未来年份新销量中新能源汽车占比的假设			
				2025	2030	2035	
乘用车	私家车	187267	26%	80%	100%	100%	
	公务车	574	84%	100%	100%	100%	
	出租车	1754	96%	96%	96%	96%	
	网约车	11097	100%	100%	100%	100%	
	租赁车	0	100%	100%	100%	100%	
公交车		476	100%	100%	100%	100%	
客车	旅游客车	392	37%	37%	37%	37%	
	城际客车	113	18%	18%	18%	18%	
货车	环卫车	400	36%	50%	50%	50%	
	轻型货车	22006	14%	14%	14%	14%	
	中重型货车	工程作业车辆	1674	0%	0%	0%	0%
		集疏港车辆	2580	3%	3%	3%	3%
工业运输车辆		3422	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	

如表 4所示，在加速情景下，客车和货车将以更快的速度向新能源汽车转型。这一速度是基于关于新能源客车和货车车型在中国市场的可得性和经

济性的最新研究、领先市场（如美国加州）所制定的关于客车和货车电动化的法规和目标、以及表 2 中针对海南本地车队所进行的电动化可行性分析结果提出的⁶。具体来说，从国内的情况看，ICCT最新发布的一项针对中国典型城市的研究显示，纯电动的自卸车、卡车、和半挂牵引车的总拥有成本都将在2030年之前降低至低于柴油车的水平⁷；在经济性的乐观前景之外，ICCT另外一项最新研究还显示，中国已经有很多车企开始生产新能源客车和货车，已经投放市场的新能源客车和货车车型的多样性也在日益增强⁸。从国际上看，美国加州于2020年通过了《先进清洁卡车法规》，要求车企从2024年开始逐年增加其在加州销售的中重型货车中零排放汽车的占比（零排放汽车包括纯电动汽车和燃料电池汽车），到2035年，每个车企所销售的整体式卡车和半挂牵引车中零排放汽车的占比需要分别达到75%和40%⁹；而在加州于2021年提出中重型货车保有量要在2045年之前实现100%零排放的新目标后，加州又着手制定了《先进清洁车队法规》，该法规最新一版的草案显示，加州将要求不同类型的中重型货车车队按照优先级的次序逐步实现全面零排放，优先级较高的车队（如短驳货车）将于2024年起要求新增量100%是零排放汽车¹⁰。

表 4 加速情景的核心假设

车辆类型		2021年的新销量 (实际值)	2021年新销量中新能源汽车的占比 (实际值)	对于未来年份新销量中新能源汽车占比的假设			
				2025	2030	2035	
乘用车	私家车	187267	26%	80%	100%	100%	
	公交车	574	84%	100%	100%	100%	
	出租车	1754	96%	100%	100%	100%	
	网约车	11097	100%	100%	100%	100%	
	租赁车	0	100%	100%	100%	100%	
公交车		476	100%	100%	100%	100%	
客车	旅游客车	392	37%	70%	100%	100%	
	城际客车	113	18%	50%	100%	100%	
货车	环卫车	400	36%	100%	100%	100%	
	轻型货车	22006	14%	50%	100%	100%	
	中重型货车	工程作业车辆	1674	0%	100%	100%	100%
		集疏港车辆	2580	3%	20%	40%	60%
工业运输车辆		3422	0.4%	15%	30%	45%	

6 Hongyang Cui and Dale Hall, "Annual Update on the Global Transition to Electric Vehicles: 2021," (ICCT: Washington, DC, 2022), <https://theicct.org/publication/global-ev-update-2021-jun22/>.

7 Shiyue Mao et al., "Total Cost of Ownership for Heavy Trucks in China: Battery Electric, Fuel Cell, and Diesel Trucks," (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/total-cost-of-ownership-for-heavy-trucks-in-china-battery-electric-fuel-cell-and-diesel-trucks/>.

8 更多细节将在ICCT即将发布的研究报告中进行介绍, Shiyue Mao et al., "Race to Zero: How Manufacturers are Positioned for Zero-Emission Commercial Trucks and Buses in China, A 2021 Update."

9 Claire Buysse and Ben Sharpe, "California's Advanced Clean Trucks Regulation: Sales Requirements for Zero-Emission Heavy-Duty Trucks," (ICCT: Washington, DC, 2020), <https://theicct.org/publication/californias-advanced-clean-trucks-regulation-sales-requirements-for-zero-emission-heavy-duty-trucks/>.

10 California Air Resources Board, "Proposed Advanced Clean Fleets (ACF) Regulation Workshop," May 2, 2022, https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2022-04/220502acfpres_ADA.pdf

从海南省近年来的新能源汽车市场发展趋势看，插电式混合动力汽车（PHEV）的市场占比极小。2021年，海南省新售的PHEV全部都是私家车，且PHEV只占到海南省2021年新能源私家车新销量的7%。基于此，对于私家车，我们在进行排放建模时假设PHEV在新能源汽车新销量中的占比从2021年的7%逐步下降至2025年的5%，并于2030年降至0；而对于其他车辆类型，我们假设PHEV在新能源汽车新销量中的占比在2021-2035年间一直都是0。除了PHEV，新能源汽车还包括纯电动汽车和燃料电池汽车，这两类新能源汽车的尾气排放都是0，因此二者在新能源汽车新销量中占比的相对大小对于尾气二氧化碳排放的测算结果没有影响。ICCT最新发布的一份研究报告显示，在中国，燃料电池货车的总拥有成本比纯电动货车高出几倍¹¹，考虑到海南省作为一个岛屿省份长途运输的需求较小，我们预估燃料电池汽车在海南省新能源汽车新销量中的占比会较为有限。

我们采用ICCT的Roadmap模型并基于海南省在基准年（2021年）的汽车新销量和保有量实际值、不同类型车辆的存活曲线、以及关键的社会经济指标（如人口、千人汽车保有量、GDP增长率等）对海南省2022-2035年的汽车新销量和保有量进行了预测。本研究排放建模所采用的分车辆类型的年均行驶里程和百公里能耗数据是基于公开数据并通过本地调研和仿真建模进行修正后得到的。

排放建模结果

海南省目前的汽车保有量仍处于相对较低的阶段，未来十年还有很大的增长空间。截至2021年底，海南省的汽车保有量仅170万辆，在中国所有省份中排名倒数第三。如图 1所示，乘用车是海南省汽车的主体，占到海南省汽车保有量的87%，其次是轻型货车（10%）和中重型货车（2%）。在建设成为中国经济开放和绿色发展的新名片以及全球最大的自由贸易港的过程中，海南省的客运和货运需求都必将持续、快速增长。我们的分析结果显示，经济活动的增长将促使海南省的汽车保有量在2021-2030年间翻一番。在汽车保有量大幅增长的情况下，海南省的道路交通部门要想在2030年之前实现碳达峰，就必须确保车队平均的排放因子（单位是克二氧化碳/公里）在短期内实现大幅下降，而这就需要倚赖新能源汽车的加速推广。

11 Shiyue Mao et al., "Total Cost of Ownership for Heavy Trucks in China: Battery Electric, Fuel Cell, and Diesel Trucks," (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/total-cost-of-ownership-for-heavy-trucks-in-china-battery-electric-fuel-cell-and-diesel-trucks/>.

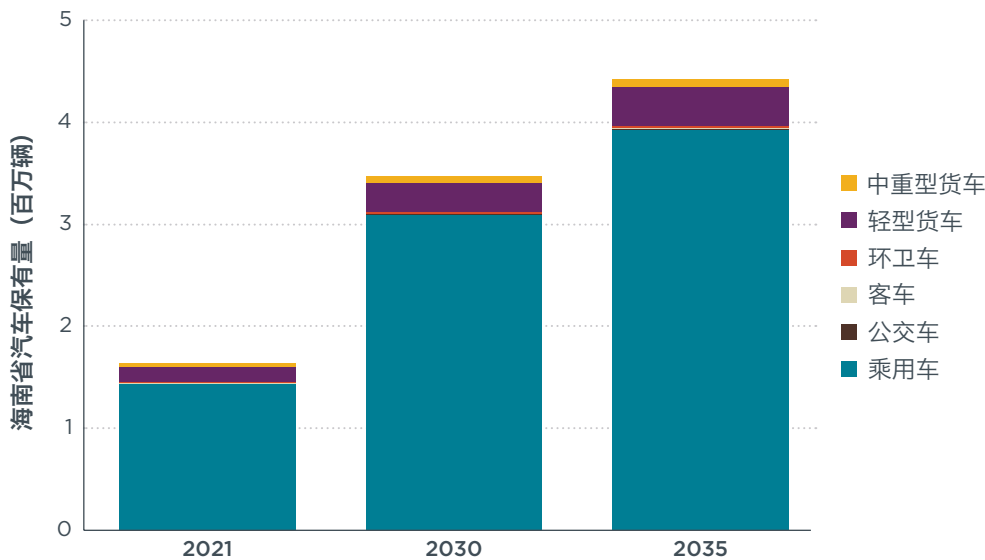


图 1 海南省2021、2030、2035年分车辆类型的汽车保有量

新能源汽车的加速推广对于货车来说尤其重要，因为在海南省所有的汽车类型中，货车的二氧化碳排放量最大，是决定海南省道路交通部门能否如期实现碳达峰的关键。2021年，尽管货车仅占到海南省汽车保有量的12%，但其对海南省道路交通部门二氧化碳排放量的贡献率却高达51%，这主要是因为货车的排放因子（单位是克二氧化碳/公里）相对较高且年均行驶里程（单位是公里）相对较长。根据《2019规划》，海南省的乘用车和公交车将在未来十年内快速完成电动化转型，二者的二氧化碳排放量也会随电动化转型进程的深入而大幅降低；但是，在基准情景下，乘用车和公交车电动化转型带来的二氧化碳排放量降低会被货车二氧化碳排放量的大幅升高所抵消，海南省道路交通部门的二氧化碳排放量将持续升高，无法完成在2030年前实现碳达峰的既定目标，具体情况如图 2 中的左图所示。

值得强调的是，推广天然气汽车所能带来的二氧化碳减排收益非常有限，远不足以帮助海南省如期实现碳达峰目标¹²。虽然天然气的碳强度比柴油低，但是天然气发动机的热效率也比柴油机低很多，这一正一反两个因素叠加下来，天然气汽车相对于柴油车的二氧化碳减排潜力就非常有限。同时，天然气的生产和运输都伴随着甲烷泄漏，而甲烷是一种短期气候效应非常强的温室气体，因此，如果不仅仅考虑尾气二氧化碳排放，而是基于20年的全球变暖潜势（GWP-20）考虑全生命周期的温室气体排放，那么天然气汽车的碳排放甚至比柴油车还要更高¹³。继续力推天然气汽车的技术路线不符合海南省的碳减排需求，新能源汽车才是真正值得通过政策手段加速推广的清洁技术路线，对于所有的车辆类型都是如此，包括在《2019规划》中未提出明确的新能源汽车推广目标的客车和货车。

12 中共中央 国务院,“关于支持海南全面深化改革开放的指导意见,” 2018年4月11日, http://www.gov.cn/zhengce/2018-04/14/content_5282456.htm; 中共中央 国务院,“海南自由贸易港建设总体方案,” 2020年6月1日, http://www.gov.cn/zhengce/2020-06/01/content_5516608.htm

13 Pierre-Louis Ragon and Felipe Rodríguez, “CO₂ Emissions From Trucks in the EU: An Analysis of the Heavy-Duty CO₂ Standards Baseline Data,” (ICCT: Washington, DC, 2021), <https://theicct.org/publication/co2-emissions-from-trucks-in-the-eu-an-analysis-of-the-heavy-duty-co2-standards-baseline-data/>

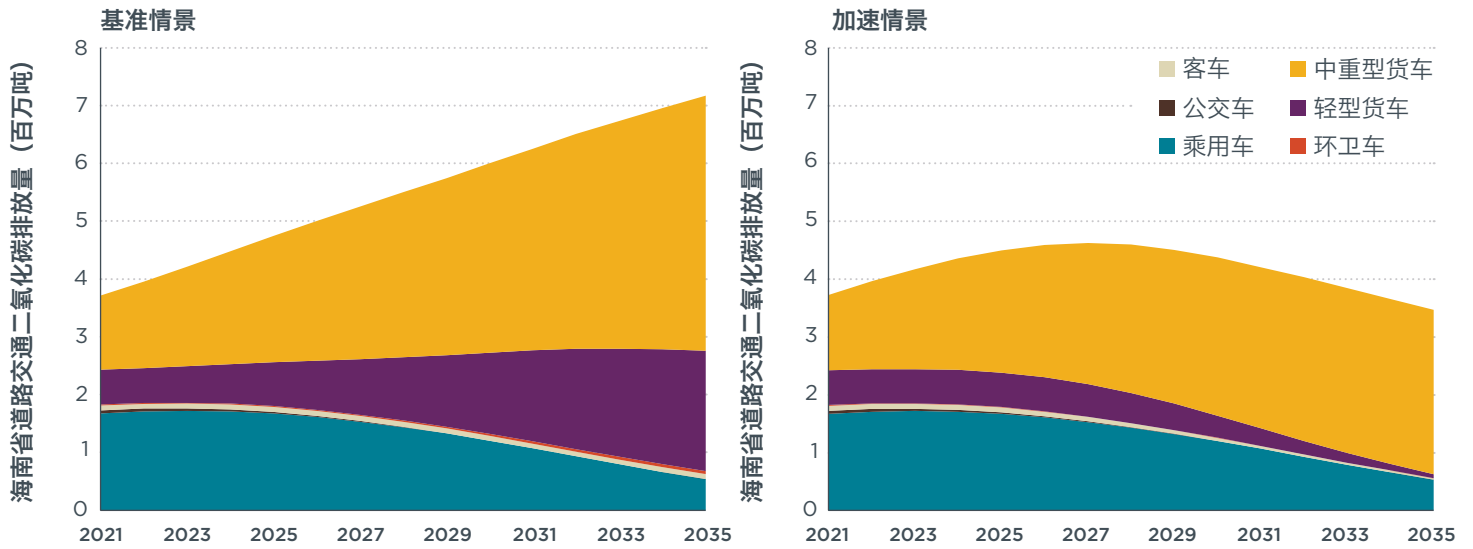


图 2 基准情景（左图）和加速情景（右图）下2021-2035年海南省道路交通部门分车辆类型的二氧化碳排放量

加速推广新能源汽车，尤其是加速推广新能源货车，对海南省道路交通部门在2030年前实现碳达峰至关重要。如图 2中的右图所示，在加速情景下，海南省的道路交通部门可以于2027年提前实现碳达峰，而提前实现碳达峰的关键就是轻型货车和中重型货车按照表 4中的假设加速推进了电动化转型。与基准情景相比，加速情景下海南省道路交通部门的二氧化碳排放量在2030年和2035年分别可以实现30%和53%的下降，如图 3所示。考虑到其他交通方式（如航空、海运）比道路交通更难推进脱碳，道路交通部门提前实现碳达峰对于海南省的整个交通部门如期完成2030年前碳达峰的目标至关重要。

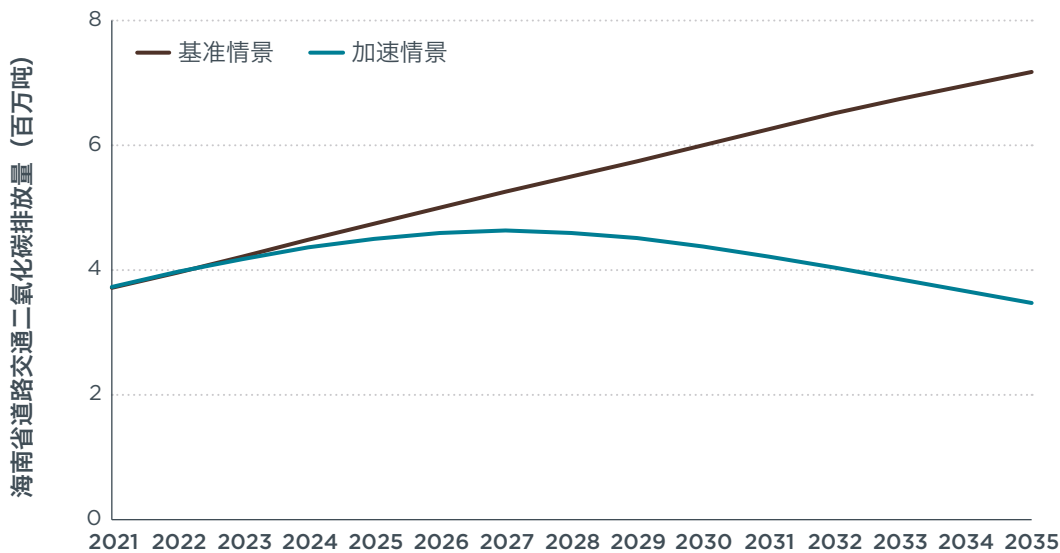


图 3 基准情景和加速情景下2021-2035年海南省道路交通部门的二氧化碳排放量

研究结论与政策建议

本研究的排放建模结果显示，《2019规划》所提出的新能源汽车推广目标尚不足以确保海南省的道路交通部门在2030年之前实现碳达峰，而无法如期实现碳达峰的核心原因就是货车的电动化转型不够快。货车是海南省道路交通部门二氧化碳排放量的最大贡献者，加速轻型货车和中重型货车的电动化转型，可以助力海南省的道路交通部门在2027年提前三年实现碳达峰。

基于这些研究结论，我们为海南省提出以下三点政策建议：

1、制定海南省新能源汽车推广规划，为不同应用场景的客车和货车设定明确的新能源汽车推广目标。环卫车和工程作业车辆具备在2025年实现新销量100%为新能源汽车的条件，轻型货车、旅游客车和城际客车具备在2030年实现新销量100%为新能源汽车的条件，而集疏港车辆和工业运输车辆则需要更长的时间完成电动化转型，分别可以在2030年实现新销量40%和30%为新能源汽车。

2、坚定新能源汽车的技术路线，不再为天然气汽车提供额外的政策支持。考虑到天然气汽车有限的二氧化碳减排潜力以及甲烷泄露的问题，继续力推天然气汽车的技术路线不符合海南省的碳减排需求，新能源汽车才是真正值得通过政策手段在海南省加速推广的清洁技术路线，对于所有的车辆类型都是如此。

3、加强跨部门的协调配合，合力促成新能源汽车在海南省的加速推广。加速推广新能源汽车需要工业与信息化厅、生态环境厅、交通运输厅、发展与改革委员会等相关厅局通力合作，发挥各自的职能优势，共同探索可以推动海南省新能源汽车推广目标落地的政策组合拳，尤其是加速新能源货车推广的政策组合拳。基于中美欧等领先市场的经验，海南省可以考虑以下政策手段¹⁴：

- » 制定法规要求车企逐步增加在海南省新售汽车中新能源汽车的占比。
- » 划定零排放区或零排放货运通道，只允许零排放汽车不受限制的通行，鼓励在用燃油车提前淘汰更换为新能源汽车。
- » 给予新能源汽车合理的购置和运营补贴，助力新能源汽车与燃油车实现成本平价。
- » 制定法规要求海南省的车队逐步增加新购置车辆中新能源汽车的占比。
- » 出台充换电基础设施建设规划，加速建设与海南省新能源汽车推广速度相适应的充换电基础设施服务网络。

¹⁴ Felipe Rodriguez, "LNG Trucks: A Bridge to Nowhere," (blog), International Council on Clean Transportation, May 12, 2020, <https://theicct.org/blog/staff/lng-trucks-bridge-nowhere>.