

中国传统燃油汽车退出 时间表研究

A STUDY ON CHINA'S TIMETABLE FOR
PHASING-OUT TRADITIONAL ICE-VEHICLES

能源与交通创新中心 (iCET)



中国石油消费总量控制和政策研究项目 (油控研究项目)

中国是世界第二大石油消费国和第一大石油进口国。石油是中国社会经济发展的重要动力，但石油的生产和消费对生态环境造成了严重破坏；同时，石油对外依存度上升也威胁着中国的能源供应安全。为应对气候变化和减少环境污染，自然资源保护协会（NRDC）和能源基金会中国（EF China）作为协调单位，与国内外政府研究智库、科研院所和行业协会等十余家有影响力的单位合作，于2018年1月共同启动了“中国石油消费总量控制和政策研究”项目（简称油控研究项目），促进石油资源安全、高效、绿色、低碳的可持续开发和利用，助力中国跨越“石油时代”，早日进入新能源时代，为保障能源安全、节约资源、保护环境和公众健康以及应对气候变化等多重目标做出贡献。



自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，拥有约300万会员及支持者。NRDC致力于保护地球环境，即保护人类、动植物以及所有生灵所依赖的生态系统。自1970年成立以来，我们的环境律师、科学家和专家一直在为公众享有清洁的水和空气以及健康的社区而努力。通过在科学、经济和政策方面的专业知识，我们在亚洲、欧洲、拉美和北美等地区与当地合作伙伴一起共同推进环境的综合治理与改善。请登录网站了解更多详情 www.nrdc.cn。



本报告由能源与交通创新中心（iCET）撰写。能源与交通创新中心（iCET）是在中国北京和美国加州注册的非营利专业智库组织，2016年被评为中国4A级社会组织。iCET是一个在清洁交通、低碳经济和气候变化领域中具有领导力的机构，其核心使命是为各级决策者提供能够缓解能源和气候危机并创造绿色能源生态体系所急需的创新型解决方案。在清洁交通领域，致力于加速中国交通向后石油时代与零排放转型。请登录网站了解更多详情 www.icet.org.cn。

油控研究项目系列报告

中国传统燃油汽车退出时间表研究

A STUDY ON CHINA'S TIMETABLE FOR PHASING-OUT TRADITIONAL ICE-VEHICLES

报告作者

安锋 康利平 秦兰芝 毛世越 王雯雯 Maya Ben Dror

能源与交通创新中心 (iCET)

2019年05月



首字母缩略词

BEV	Battery Electric Vehicle	纯电动汽车
CA	Conditional Autopilot	有条件自动驾驶
CNG	Composed Natural Gas	压缩天然气
CO	Carbon Monoxide	一氧化碳
CO ₂	Carbon Dioxide	二氧化碳
CV	Commercial Vehicle	商用车
DA	Driving Autopilot	汽车驾驶辅助
EV	Electric Vehicle	电动汽车
FCV	Fuel Cell Vehicle	燃料电池汽车
GDP	Gross Domestic Production	国内生产总值
GHGs	Greenhouse Gases	温室气体
HC	Hydrocarbon	碳氢化合物
HEV	Hybrid Electric Vehicle	混合动力汽车
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle	内燃机汽车
LNG	Liquified Natural Gas	液化天然气
MaaS	Mobility as a Service	出行即服务
NEV	New Energy Vehicle	新能源汽车
NGHV	Natural Gas Hybrid Vehicle	天然气混合动力汽车
NGV	Natural Gas Vehicle	天然气汽车
NO _x	Nitrogen Oxides	氮氧化物
PA	Partial Autopilot	部分自动驾驶
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	插电式混合动力汽车
PM ₁₀	Particulate Matters under 10 μ m	可吸入颗粒物
PM _{2.5}	Particulate Matters under 2.5 μ m	微颗粒物
PV	Passenger Vehicle	乘用车
SO ₂	Sulfur Dioxide	二氧化硫
VKT	Vehicle Kilometers Travelled	平均行驶里程
VOCs	Volatile Organic Compounds	可挥发性有机物
ZEV	Zero Emission Vehicle	零排放汽车

目录

Executive Summary	7
执行报告	11
前言	37
1. 全球传统燃油汽车退出背景研究	38
1.1 汽车行业降低石油消耗的核心路径	
1.2 各国新能源汽车发展规划与目标	
1.3 主要企业新能源汽车发展战略	
1.4 各机构对全球新能源汽车市场的预测	
1.5 各国 / 地区传统燃油汽车禁售情况	
1.6 传统燃油汽车禁售驱动力分析	
2. 中国汽车产业未来发展趋势及规划	60
2.1 中国汽车产业发展及石油消耗情况	
2.2 中国汽车未来需求发展分析	
2.3 中国汽车未来技术趋势及市场分析	
2.4 中国汽车产业基础设施发展趋势分析	
2.5 中国汽车产业发展相关规划	
3. 中国传统燃油车退出“2050 未来情景”分析	72
3.1 中国汽车行业石油消耗模型构建	



3.2 中国传统燃油车退出“2050 未来情景”设立

3.3 “2050 未来情景”能源消耗与排放影响

4. 中国新能源汽车发展与传统车退出分区域画像研究 95

4.1 新能源汽车发展与传统燃油车控制的驱动力

4.2 各区域新能源汽车发展现状及推广环境

4.3 区域层级划分及区域画像特点

4.4 中国现有汽车限购区域分析

5. 中国传统燃油汽车退出时间表提出 115

5.1 传统燃油汽车与替代能源汽车的定义

5.2 传统燃油汽车退出优先级次序

5.3 传统燃油汽车退出时间表提出依据

5.4 传统燃油汽车退出时间及路径

6. 中国传统燃油汽车退出的不确定性及建议 126

6.1 中国传统燃油汽车退出市场的不确定性

6.1 新能源汽车快速发展的风险与问题

6.3 中国传统燃油汽车退出建议

参考文献 134

Executive Summary

The report assesses the feasibility for phasing out China's internal combustion engine vehicles (ICEV), focusing on the benefits, uncertainties and risks associated with this transition. The end goal of the project is to propose a holistic plan for the phasing out of China's ICEVs in the near future.

China has been the world's largest car market for a decade, with total sales reaching 30 million a year by 2018. Car ownership rates in China have exceeded 200 million. China's oil consumption in 2018 was 625 million tons, with the rate of imported oil rising to 70.9%, posing a potential threat to China's national energy security. Vehicles accounted for 42% of the total consumption of crude oil and for more than 80% of refined oil. Indeed, the phase out of ICEVs would be a significant factor in reducing China's total oil consumption.

There are already several sovereign countries and regions that have announced plans to phase out ICEVs beginning in 2016, including China's Hainan province, which officially announced a ban on sales of ICEVs to be completed by 2030. China has invested heavily in new energy vehicles (NEV), especially electric vehicles (EV) by weighing the potentials for energy saving, air quality improvement, and the decarbonization transition of the auto industry as a whole. After a decade-long incubation period, the proportion of NEV sales exceeded 4% in 2018. An agenda for the phase out of ICEVs should be seriously considered. In this report, the substitutes for ICEVs include Battery Electric Vehicles (BEV), Fuel Cell Vehicles (FCV), Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEV), Hybrid Electric Vehicles (HEV) and Natural Gas Vehicles (NGV), etc.

In this study, the principle of "by region, by vehicle category and step by step" has been highlighted. The methodology considers 10 indicators including, local economic conditions, car ownership and saturation, accessibility of ICEVs, NEV promotion, NEV industry development, infrastructure for NEV, and air pollution control area. The mainland China has been divided into 4 levels, among which level I and level II are mainly cities, while levels III and level IV include other regions. The phase-out process should be made step by step, as follows:

Level	Regions
Level I	<ul style="list-style-type: none"> • Mega Metropolis(i.e. Beijing, Shanghai, Shenzhen) • Functional Pilot Regions(i.e. Xiong'an, Hainan)
Level II	<ul style="list-style-type: none"> • Pilot cities with limited ability to purchase autos • Provincial capitals in the key regions of the “Blue Sky War” • Cities that lead in NEV promotion, core cities within industrial clusters as well as coastal cities
Level III	<ul style="list-style-type: none"> • Key regions in the “Blue Sky War,”e.g. North China, Yangtze River Delta, and Fenwei Plain Area • NEV industrial cluster areas, e.g. the Great Pearl River Delta, Central China Region • Other pilot cities, e.g. Guiyang City
Level IV	The remaining regions in the Northwest, Northeast, Southwest, and Inner Mongolia

Considering the current political strategies, technical developments in car models, scenarios for use and difficulties related to promotion, the ICEV categories have been segmented into several sub-classes under Passenger Vehicles (PV) and Commercial Vehicles (CV), which are listed as follows:

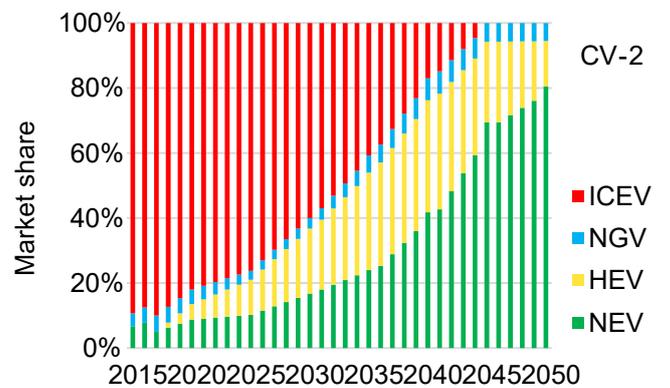
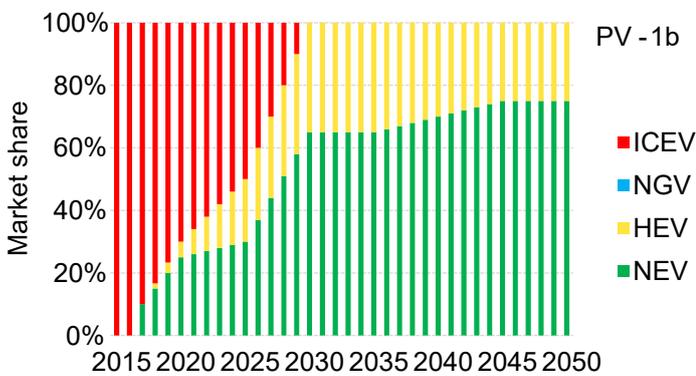
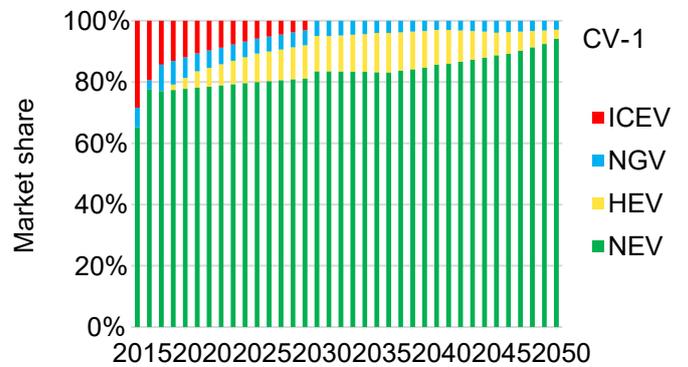
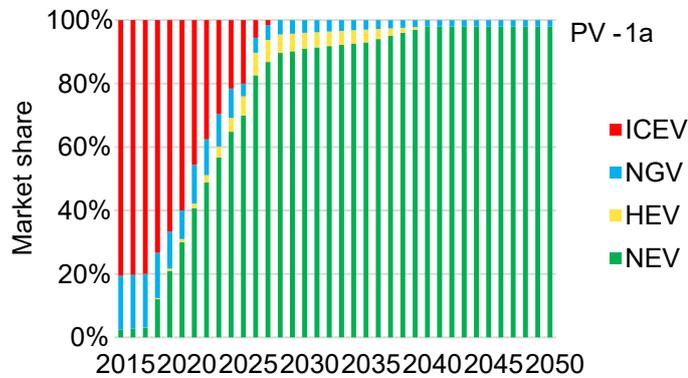
Category	Passenger Vehicle		Commercial Vehicle			
	PV1	PV2	CV1	CV2	CV3	
	Taxis, rental cars, e-hailing vehicles	Official cars	Private cars	City buses, sanitation vehicles, (light) logistics vehicles, campus vehicles, commuter cars	Coaches, intercity buses, intercity logistics vehicle	Medium and heavy trucks

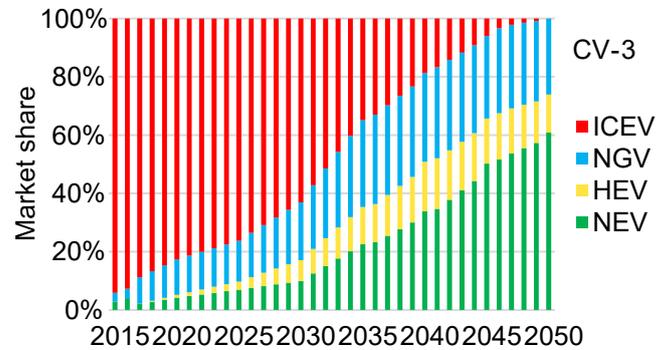
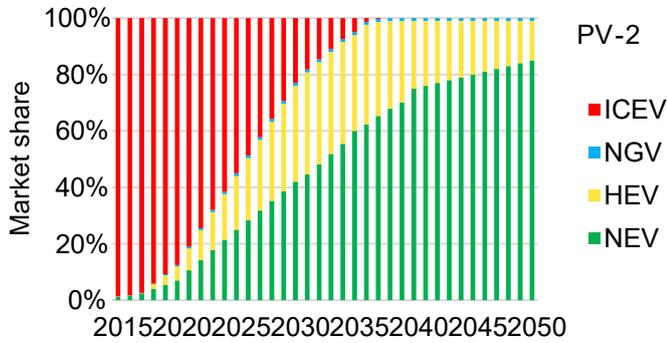
Based on NEV industry goals and technological strategy, a model projecting China’s auto industry development has been built with extensive consultation from industrial experts. The trajectory during the 2020-2030 period is close to the existing national goals set beforehand, while the trajectory from 2031-2050 is based on an assumption of oil consumption being 55% by 2040 and 80% by 2050, down from the peak value of 280 million tons. A timetable for phasing out ICEVs has also been proposed, according to estimated car model evolution in the future. The timetable is shown as follows:

Category	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PV1-a	I、II	III	IV				
PV1-b		I、II	III、IV				
PV2			I、II	III	IV		
CV1	I、II	III	IV				
CV2			I	II	III	IV	
CV3				I	II	III	IV

Note: PV1-a as taxi, rental cars and e-hailing vehicles; PV1-b as official cars

Among all ICEV phase-out categories, the change of market share for each substitutive vehicle is shown as follows:





Under the scenario of ICEVs phase-out, total end-user greenhouse gas (GHG) emissions will peak in 2024. End-user GHG emissions will then plummet by 51% and 77% in 2040 and 2050, while life cycle emissions, including emissions from electricity generation, will drop by 33% and 55% in 2040 and 2050, respectively.

Some uncertainties exist with regard to ICEVs phase-out. For example, it is uncertain whether NEVs can draw a technical breakthrough or survive a transition to market-oriented sales. Also unclear is the effect of the shared economy on demand of private owned cars. Macro environmental factors such as demographics, the economic situation, transportation transition, infrastructure, etc. are also changing in ways that are hard to predict. Moreover, positive progress in the NEV market has been confronted with several threats including a shortage in rare metals including Li and Co, battery recycling inefficiency, underdeveloped infrastructure, grid overload from EV charging, and more. Policy makers should be able to anticipate potential threats and figure out reasonable solutions correspondingly.

执行报告

本报告从全球传统燃油汽车禁售驱动力分析、汽车发展趋势判断及车用石油消耗的预测等方面，研究探讨中国传统燃油车禁售与退出的设计方案，并对其不确定性及风险进行分析。

1. 中国汽车发展与石油消耗现状及未来预测

2018年中国石油表观消费量为6.25亿吨，已超过美国成为世界最大的原油进口国。其中，中国石油对外依存度升至70.9%，并将逐年升高，国家能源安全受到高度关注。

2018年中国汽车产销量已连续10年居全球第一，年产销量将近3000万辆，保有量超过2亿辆。乘用车与商用车油耗占社会总油耗比例达到42%，车用汽柴油消耗2.32亿吨，在成品油消耗量的占比超过80%（见图1）。随着中国居民出行需求的增长，如不及时采取适当措施加以控制，这一比例还将持续增加。

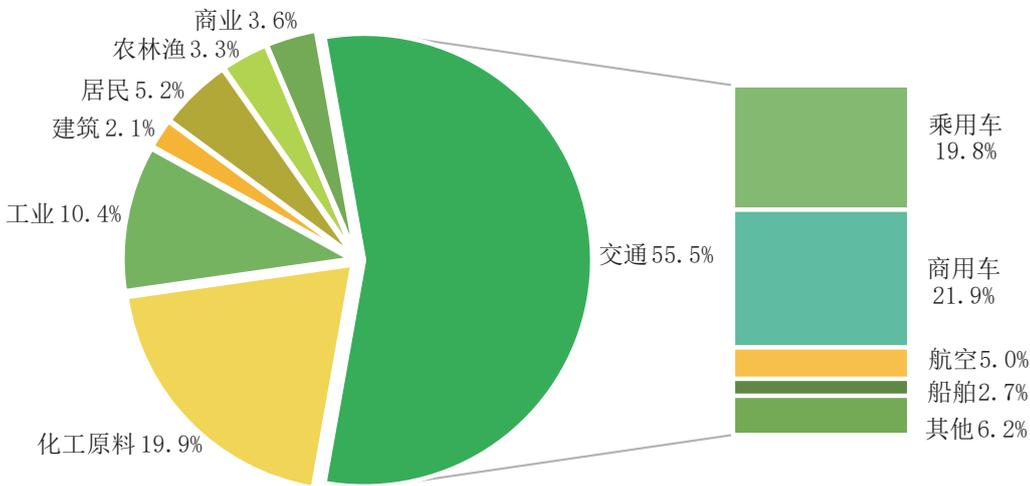
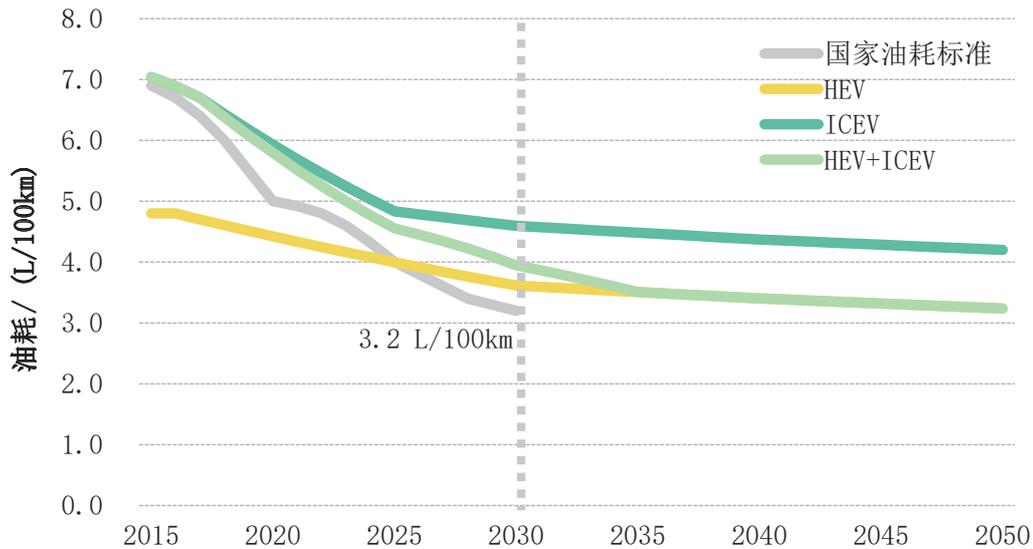


图 1 中国石油消耗结构示意图 (2017)

在低碳节能方面，燃油汽车通过采用先进发动机、变速器、电子电器、轻量化等技术还有 35-40% 的节能空间，混合动力汽车的节能空间将更大。随着技术的发展，未来乘用车燃油汽车的油耗可降低到 3.5 L/100km 左右的水平（如图 2 所示）；而商用车除可应用节能技术外，还能在天然气富集区域发展替代燃料车型。



注：灰色线国家油耗标准是包含电动汽车车队。

ICE+HEV 是指包含传统燃油车和常规混合动力车的一类使用内燃机车辆的总和。

图 2 2015-2050 年乘用车新车工况油耗水平发展

在电动化与智能化方面，2018年中国新能源汽车占据全球超一半市场份额，也占中国汽车销量的4.5%，将从培育期进入快速发展期。其中，公共领域车辆在政府的主导下，即将率先完成电动化；而私人领域预计2030年左右电动汽车成本与传统燃油汽车相比具备竞争力，届时，在基础设施不断完善的情况下，电动汽车的市场竞争力将大幅上升，将逐步取代燃油汽车市场；中重型车领域的电动化进程相对较晚，而电池技术一旦突破，纯电动与燃料电池技术也将快速应用。

本研究报告基于国家汽车发展目标、节能与新能源汽车技术发展预测、出行及汽车需求趋势判断，提出了基于传统燃油车禁售与退出的“2050未来情景”（如图3和图4所示），在该情景中，2050年“替代能源汽车”将达到100%，其中，新能源汽车在乘用车领域的渗透率达到85%，在商用车领域的渗透也将达到80%。按照中国惯例分类，新能源汽车（NEV）包括纯电动汽车（BEV），燃料电池汽车（FCV）和插电式混合动力汽车（PHEV），但不包括混合动力汽车（HEV）等，因此本研究里，“替代能源汽车”的范围要大于新能源汽车。

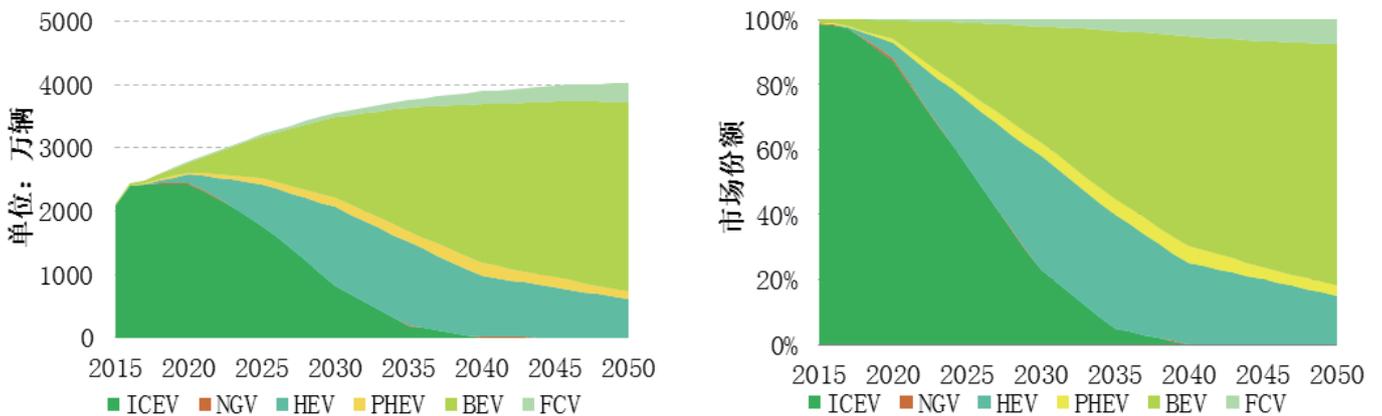


图3 “2050未来情景”乘用车销量及市场结构

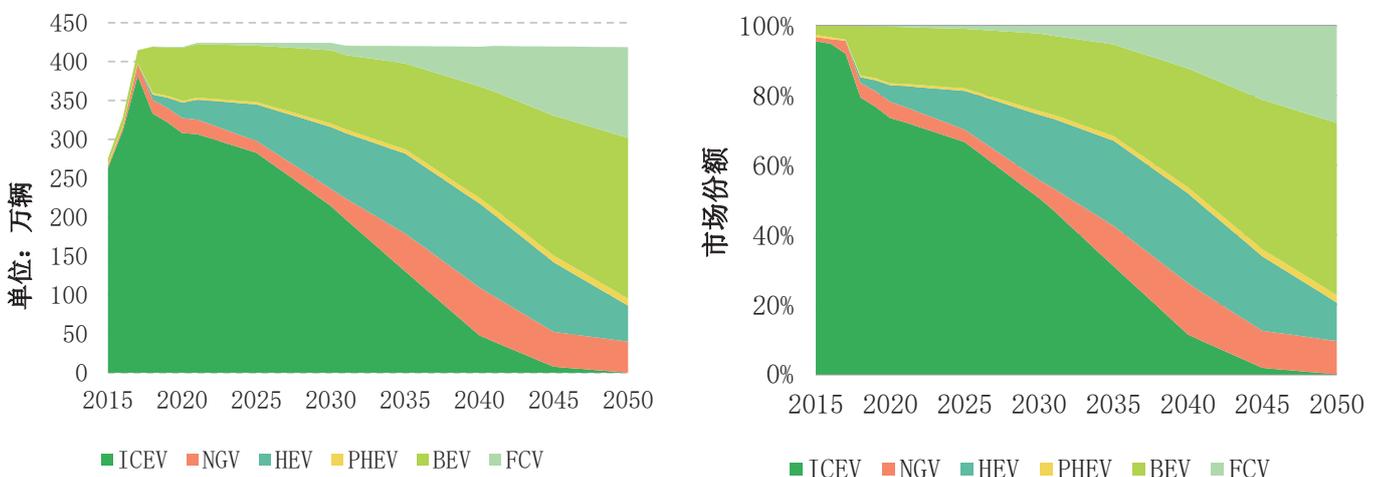


图4 “2050未来情景”商用车销量市场结构

此外，更优化的低碳交通系统规划和共享出行等模式也可有效提高车辆运行效率，降低车辆整体的需求，乐观情况下，可减少千人保有量 100-150 辆。

2. 各国传统燃油车禁售及其驱动力

自 2016 年开始，陆续有 8 个国家提出了燃油车禁售声明，以欧洲理念及创新政策行动领先的国家为主，如荷兰、挪威、英国、法国、德国等。还有一些理念先进的城市 and 地区也通过声明或协议的方式支持“禁燃”行动，如“巴黎、马德里、雅典、墨西哥城”的四城市市长协议、意大利罗马、中国经济特区海南等，而非典型性国家如印度，则寄希望于“禁燃”驱动本国新能源汽车产业布局及经济发展。“禁燃”声明以主管部门高级官员的口头表态为主，部分国家也陆续通过议案、国家计划文件、交通部门战略规划等形式表达（见表 1）。

表 1 全球各国（地区 / 城市）燃油车禁售计划汇总

“禁燃”区域	提出时间	提出方式	禁售时间	禁售范围
荷兰	2016	议案	2030	汽油 / 柴油乘用车
挪威	2016	国家计划	2025	汽油 / 柴油车
巴黎、马德里、雅典、墨西哥城	2016	市长行动协议	2025	柴油车
美国加州	2018	政府法令	2029	燃油公交车
德国	2016	议案	2030	内燃机车
法国	2017	官员口头表态	2040	汽油 / 柴油车
英国	2017 2018	官员口头表态交通部门战略	2040	汽油 / 柴油车
英国苏格兰	2017	政府文件	2032	汽油 / 柴油车
印度	2017	官员口头表态	2030	汽油 / 柴油车
中国台湾	2017	政府行动方案	2040	汽油 / 柴油车

爱尔兰	2018	官员口头表态	2030	汽油 / 柴油车
以色列	2018	官员口头表态	2030	进口汽柴油乘用车
意大利罗马	2018	官员口头表态	2024	柴油车
中国海南	2018	官员口头表态和政府规划	2030	汽油 / 柴油车

2015年12月主要“禁燃”国家与地区在巴黎气候变化大会上提出了“2050零排放汽车倡议”，共同倡议“为减少交通温室气体排放，将支持推动零排放汽车的政策与创新性投资，尽快在管辖区全部实现乘用车零排放，最迟不得晚于2050年”。各国会综合考虑本区域经济发展、电力清洁程度、能源自给、汽车产业及市场饱和等因素。经济实力强、环保意识高、非汽车生产国且市场饱和度较高、清洁电力占比高的国家与地区较为积极；反之亦然。国际上目前提出的禁售时间范围介于2025-2040年之间。

通过对主流国家“禁燃”作进一步分析，主要有如下三大驱动力：

第一驱动力是减少汽车尾气排放，改善空气质量，提升居民的健康。汽车污染物排放高度与人体呼吸高度处于同一水平，在城市人口密集区尾气排放突出，其空气暴露对居民健康影响最大。再加上它属于移动源头排放，治理难度及成本均高于工业与建筑等领域。各国近几年不断升级传统燃油车排放标准，2020年后均将实施最为严格的欧VI或同等的排放标准，新增燃油汽车污染物尾气排放控制技术的成本与难度在增加，且能提高的减排潜力已非常小，而在用车作为移动排放源的监管控制难度较大。因此，2025年以后各国把汽车污染物排放治理的重点工作放到了发展使用终端零污染的电动汽车上。欧盟主要“禁燃”国家清洁电力的比例较高，挪威可再生能源发电占比高达98%，而法国核电占比达72%，这为禁燃提供了良好的基础。

第二驱动力是为了实现国家温室气体减排目标。随着“巴黎气候协议”的签署，欧盟承诺2020年温室气体排放强度比1990年减少20%，2030年比1990年减少40%，其成员国更是在欧盟的基础上，提出了到2050年减排幅度达75-95%的目标。温室气体排放源中，交通是增长最快且减排难度最大的行业。主要“禁燃”国家（如德国、法国、英国等）交通运输温室气体约占20-25%，部分中心城市已经达到30-40%。为此，对新车CO₂排放也提出了越来越严格的要求。欧盟要求2021年新乘用车CO₂排放不得超过95 g/km，2020年商用车不得超过147 g/km，而英国甚至更进一步提出了2040年新乘用车CO₂排放不得超过75 g/km的目标。

第三驱动力是汽车产业转型与布局的需求。欧盟主要“禁燃”国家与地区的汽车市场趋于饱和，千人保有量维持在500辆以上，市场已经缺乏增长动力。新能源汽车在“禁燃”时间节点的市场比例可以达到40-50%以上，在部分国家甚至可能达到90%以上。因此，“禁燃”对汽车市场的增长及产业发展不会产生影响，反而是产业与消费升级转型的良好契机。一些汽车巨头和零部件企业，如奔驰、大众、福特、丰田、沃尔沃、通



用等在新能源汽车战略方面与各国“禁燃”计划互为支撑。相较而言，印度本身尚无汽车产业根基，但意图通过“禁燃”布局新能源汽车产业，带动本国产业发展。

“禁燃”声明，更多的是发挥指引性作用，意图给社会一个明确的指示：燃油车逐步退出是一个不可逆转的全球性趋势，决策者要进行战略规划和政策引导部署，企业需要提前进行部署，消费者也需要转变消费意识。

3. 中国发展新能源汽车的目标驱动力

中国尚未在全国层面提出“禁燃”声明和时间表，但政府已经在鼓励发展新能源汽车。发展新能源汽车是多目标驱动，主要包括以下五点：

第一，提升大气污染防治与地区空气质量。国家“蓝天保卫战”要求各地出台实施大气污染防治条例及其行动方案。其中，发展新能源汽车是道路交通污染防控的重要手段，各地区纷纷提出了新能源汽车推广要求与目标。其中，《打赢蓝天保卫战三年行动计划》要求到 2020 年京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等重点区域的公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型物流配送车，及港口、机场、铁路货场新增或更新的车辆 80% 使用新能源或清洁能源汽车，并要求重点区域的直辖市、省会以及计划单列市建成区公交车 100% 更换为新能源汽车。

第二，减少石油消耗，提高国家能源安全。中国石油进口依存度已达 70.9%，能源安全隐患较大，而车用石油消耗占比达 42%。除能源安全以外，因化石燃料消耗带来的环境、气候等多方面影响也在逐年增大。发展新能源汽车，提高燃料经济性是降低汽车石油消费，减少石油消耗的主要手段。

第三，实现交通节能与减碳目标。中国已承诺 2030 年二氧化碳排放达到峰值并争取尽早达峰，单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 60%-65%。随着工业、能源、建筑等部门温室气体排放管理升级，这些领域均取得了较好的减排效果。为实现交通减排，国家提出了严苛的汽车油耗目标以及营运车辆单位客运量能耗与碳减排目标，这些都需要新能源汽车的助力。

第四，基于汽车产业结构转型升级发展。作为世界上最大的汽车市场，中国汽车企业及品牌数量持续增加，但技术与自主创新能力仍落后，而新能源汽车是时代新产物，中国在技术方面已走在世界前列，在实现产业转型升级中具备优势，可以实现弯道超车。

第五，促进地区新能源汽车产业经济发展。新能源汽车整车及上下游产业链（包括电池、电机、电控，充电桩及汽车服务等）是地区经济发展的新兴机会。为此，各地提

供优越条件，包括设立新能源汽车产业园区，提供高额度补贴和税收优惠等，使新能源汽车成为推动部分地区经济发展的支柱产业。

以上五点均为中国新能源汽车的主要驱动力，具有关联性。需要指出的是，在新能源汽车政策制定及推广中，应当建立一个清晰的驱动力优先级定位。此外，还要与其他相关的政策相配合，促进能源转型加快。例如，改变以煤电为主的电力结构，更加凸显电动汽车污染物与温室气体的减排效益，在强调电动汽车发展同时，要重视其他降低交通油耗和排放的方式，如更优化的低碳交通系统规划、共享出行等。

4. 燃油车退出区域层级划分及特征

本报告通过评估中国各个区域经济发展、汽车饱和度、燃油车限购、燃油车限行、新能源汽车推广、新能源汽车产业、基础设施建设、大气治理重点区域、创新示范及开放性、政府决策与执行力等十大指标，其中包括六个定量指标和四个定性指标。基于上述特征进行了四个层级划分（见表 2）。

表 2 各层级区域汽车发展画像特点

画像特点	层级 I	层级 II	层级 III	层级 IV
经济发展 (指标: 人均 GDP)	发达	发达	较发达	欠发达
汽车饱和度 (指标: 千人保有量)	较饱和	较饱和	一般	较低
燃油车限购	是	部分限购	部分限购	不限购
燃油车限行	是	限行	部分限行	不限行
新能源汽车推广 (指标: NEV 推广量)	领先	领先	较领先	一般或缺乏
新能源汽车产业 (指标: 产业集群)	发达	发达	较发达	欠发达
充电基础设施 (指标: 充电桩数量)	领先	领先	部分领先	一般或缺乏
大气治理重点区域	是	是	部分是	一般
创新示范及开放性 (指标: NEV 示范及开放指数)	强	强	较强	一般
政府决策与执行力 (指标: 对中央政策的响应能力及执行力)	高	较高	较高	一般

第 I、II 层级以功能性、限购限行及新能源汽车推广领先城市为主, 第 III、IV 层级则以区域为主, 燃油车退出过程以点及面递进。具体地区划分见表 3。

表 3 传统燃油车退出区域层级划分及代表地区

层级	主要依据及代表地区
I	<ul style="list-style-type: none"> 特大型城市（如北京、上海、深圳等）； 功能性示范区域（如海南、雄安等）；
II	<ul style="list-style-type: none"> 传统汽车限购先行城市（如天津、杭州、广州等）； 蓝天保卫战重点区域省会城市（如石家庄、太原、郑州、济南、西安、南京、合肥等）； 新能源汽车推广领先城市、产业集群区域核心城市及经济发展沿海城市（如重庆、青岛、成都、长沙、昆明等）；
III	<ul style="list-style-type: none"> 蓝天保卫战重点区域，如华北（河北、河南、山东）、长三角（江苏、浙江、安徽）、汾渭平原区域（山西） 新能源汽车产业集群区域，如泛珠三角（广东、福建）、中部（湖南、湖北、江西）； 其他新能源汽车推广或低碳发展示范城市如贵阳等；
IV	<ul style="list-style-type: none"> 其他区域，西北（新疆、西藏、宁夏、甘肃、陕西、青海）、东北（黑龙江、辽宁、吉林）、西南（广西、云南、贵州、四川）、内蒙古自治区。

目前，第 I、II 层级区域乘用车市场占比为 24%，第 III 层级区域为 53%，第 IV 层级区域大约为 23%；第 I、II 层级区域商用车市场占比 22%，第 III 区域为 52%，第 IV 区域大约为 27%。第 I、II 层级对汽车需求逐渐饱和，占比将微降低，而 III、IV 层级区域随着经济的发展，占比将有所增大（见表 4）。

表 4 各层级区域乘用车市场占比趋势

乘用车	I	II	III	IV	商用车	I	II	III	IV
2015	6%	18%	53%	23%	2015	7%	15%	52%	27%
2020	6%	18%	53%	23%	2020	7%	15%	52%	27%
2030	5%	16%	58%	21%	2030	7%	15%	53%	27%
2040	5%	15%	59%	21%	2040	6%	13%	53%	28%
2050	5%	14%	60%	21%	2050	5%	12%	51%	32%

5. 传统燃油车与替代能源车定义及车型分级

本研究将传统燃油汽车 (ICEV) 定义为单纯使用汽油或柴油驱动车辆，包括搭载 48V 或自动启停技术的内燃机车。而替代能源汽车包括以下几类：

第一类：完全或部分使用天然气等替代燃料汽车，包括天然气汽车 (NGV)、天然气混合动力汽车 (NGHV) 等。

第二类：使用汽油或柴油，但采用汽柴油内燃机和电动机作为动力源，主要指混合动力汽车 (HEV)；

第三类：部分使用汽油或柴油，与外接电能进行联合驱动的汽车，主要指插电式 (增程式) 混合动力汽车 (PHEV)；

第四类：不用汽油或柴油，完全以电或氢作为驱动能源的汽车，包括纯电动汽车 (BEV)、氢燃料电池汽车 (FCV) 等；

基于现有政策导向，以及新能源汽车技术发展及应用难度，将传统燃油汽车退出作以下优先级划分 (见表 5)。

表 5 传统燃油汽车退出优先级

优先级	乘用车		商用车		
	PV1	PV2	CV1	CV2	CV3
车型类别	出租及分时租赁车、网约车	公务车 私家车	城市公交、环卫、城市轻型物流车、场地车、通勤车	普通客车、专用车、城际物流车	中、重型营运货车

6. 传统燃油车型退出时间表及路线图

基于各汽车企业未来新能源汽车发展目标与技术战略，通过广泛咨询专家，构建了中国汽车产业发展预测模型，确定传统燃油汽车退出的 2050 未来情景。基于先松后紧的原则，2020-2030 年节能与新能源汽车基于国家目标设定，而 2031-2050 年则基于汽车石油消耗总量在 2040 年和 2050 年分别较峰值下降 55% 和 80% 来确定，进行自洽拟合。在未来情景基础上对各类车型替代技术发展与应用进行预判，提出传统燃油汽车退出时间表。

当然在实际的政策制定与实施中，各城市及区域可以根据本地人口与汽车保有、区域经济、产业发展等情况自行确定其区域内的等级，并确定具体的传统燃油车退出时间表及市场占比（见表 6 和表 7）。

表 6 传统燃油汽车退出时间表

车型分类	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
乘用车 PV1-a	I、II	III	IV				
乘用车 PV1-b		I、II	III、IV				
乘用车 PV2			I、II	III	IV		
商用车 CV1	I、II	III	IV				
商用车 CV2			I	II	III	IV	
商用车 CV3				I	II	III	IV

注：PV1-a 主要指出租车、网约分时租赁车等非公务用车；

PV1-b 指公务车，主要指党政机关及事业单位用车；

PV2 主要指私家车等；

CV1 主要指城市公交、环卫、轻型物流、通勤、港口机场场内运输车等；

CV2 主要指其他中轻型专用车、中型物流车和普通客车等；

CV3 主要指中、重型货车等。

表 7 替代能源车型在退出时间表中的市场占比

车型分类	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
乘用车 PV1-a	35% (25%)	80% (70%)	100% (91%)				
乘用车 PV1-b		50% (30%)	100% (65%)				
乘用车 PV2			77% (42.0%)	95% (60.0%)	100% (75.0%)		
商用车 CV1	89% (80.5%)	94% (82.0%)	100% (83.5%)				
商用车 CV2			40% (16.7%)	60% (24.0%)	83% (41.8%)	100% (69.5%)	
商用车 CV3				59% (26.5%)	78% (40.0%)	93% (58.5%)	100% (70.0%)

注：括号中数字为新能源汽车占比，其余为其他替代能源汽车，包括混合动力汽车、天然气汽车等。

（1）出租车与分时租赁车（PV1-a）的替代与退出

出租车与分时租赁车在政府命令主导下，最先退出。其中，第一、二层级城市可以在 2020 年退出，第三、四层级城市可以依次在 2025 年、2030 年退出，即到 2030 年传统燃油车从新车市场全部退出，主要替代方式是纯电动汽车，还有少量的混合动力与燃气汽车（如图 5 所示）。

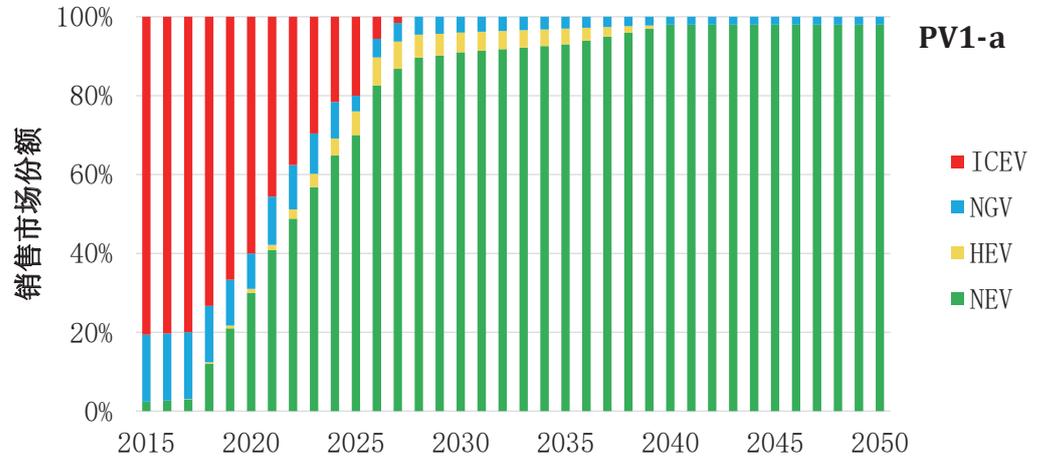


图 5 出租车与分时租赁车 (PV1-a) 替代与退出

(2) 公务用车 (PV1-b) 的替代与退出

公务用车比较容易管理，淘汰传统燃油公务用车的工作可尽快开始，并在政府的采购名单上明确标出，推动公务用车清洁低碳化。中大型城市及发达区域可从 2020-2025 年左右对新增和更换车辆全部使用替代车型，利用十年左右时间彻底淘汰传统燃油公务用车，即到 2030 年左右，公务用车类别中将不再采购传统燃油车。公务用车退出的替代方案主要为混合动力与纯电动相结合，预计至 2030 年，公务用车中 HEV 占比可达到 35%，BEV 和 PHEV 共占 65%。

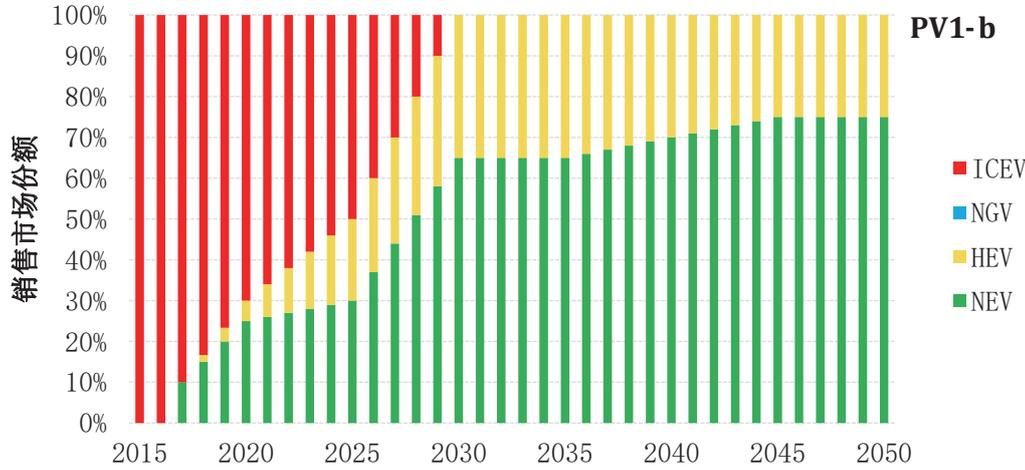


图 6 公务用车 (PV1-b) 的替代与退出

(3) 私家车 (PV2) 的替代与退出

传统内燃机私家车在第一、二层级城市可以在 2030 年开始逐步退出，第三、四层级城市预计分别在 2035 年、2040 年退出，即在 2040 年 PV2 车型实现传统燃油车全部替换，主要的替代方式是混合动力和纯电动。届时，大部分燃油车均采用混合动力技术来大幅度降低油耗水平，单车油耗水平大约在 3.6-4.5 L/100km 左右，替代比例超过 25-35%；随着纯电动汽车成本下降及消费者意识的提高，大部分换车需求将从 HEV 转向 BEV，预计在 2050 年 BEV 将达到 85% 左右（如图 7 所示）。

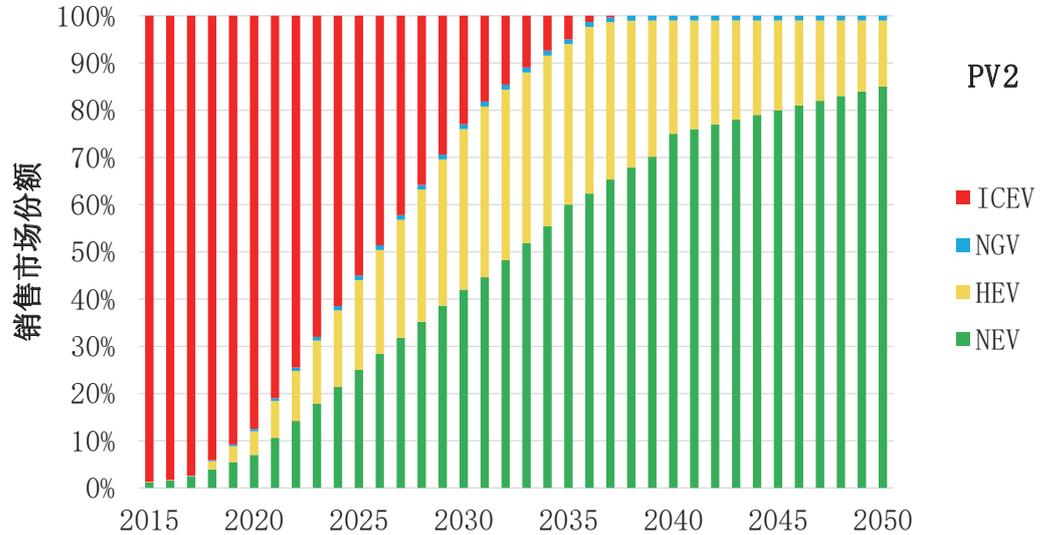


图 7 私家车 (PV2) 的替代与退出

(4) 城市公交、环卫、轻型物流等公共车辆 (CV1) 的替代与退出

同样受政策与政府主导，公交及环卫、物流、港口机场等公共车辆电动化进程很快，第一、二级城市预计在 2020 年就能先行实现替代；第三、四级城市预计能全部被新能源汽车或者混合动力车型替代，预计 2030 年可以实现新车市场 ICEV 的全部退出。CV1 车型中，公交车最早预计于 2020 年可全部实现电动化，三、四级级的物流车会稍晚（如图 8 所示）。

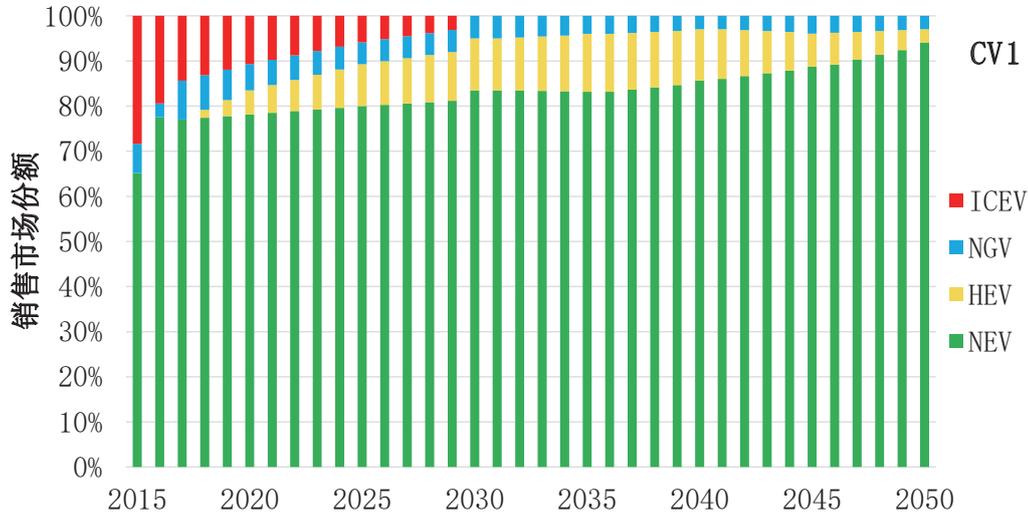


图 8 城市公交、环卫、轻型物流等公共车辆 (CV1) 的替代与退出

(5) 普通客车、中轻型专用车及物流车等 (CV2) 的替代与退出

普通客车、中轻型专用货车以及轻型货车在商用车领域可作为第二优先级进行退出。其中，第一层级城市可以从 2030 年进行，二、三、四层级城市依次后推 5 年，预计 2045 年可以实现完全退出。主要退出方式为电动汽车、混合动力以及部分燃气汽车（如图 9 所示）。

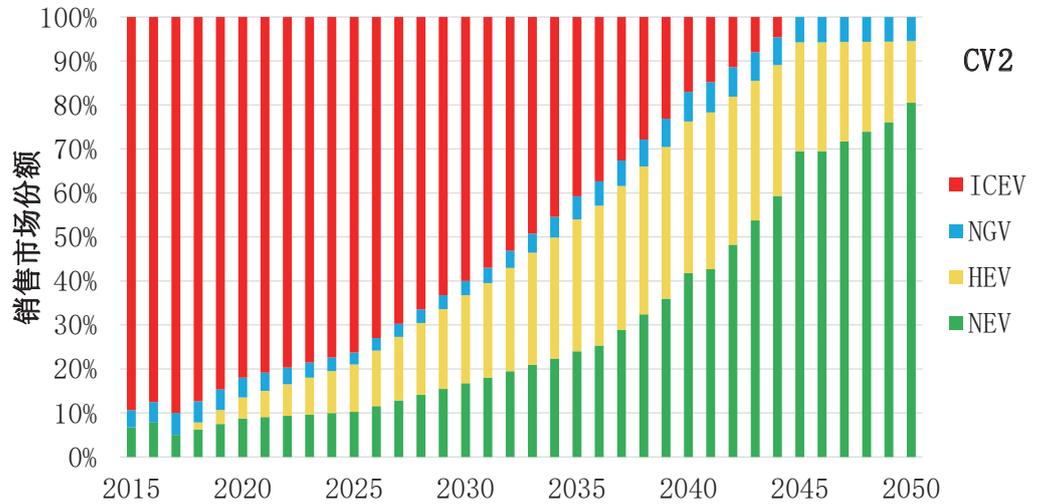


图 9 普通客车、中轻型专用车及物流车等 (CV2) 的替代与退出

(6) 中、重型货车 (CV3) 的替代与退出

第一层级城市可以从 2035 年实现替代与退出，至 2050 年在全国范围内实现传统燃油车的全部替代与退出。中、重型货车的退出方式以燃料电池与纯电动替代为主，但天然气等替代燃料和混合动力的地位也不可忽略（如图 10 所示）。

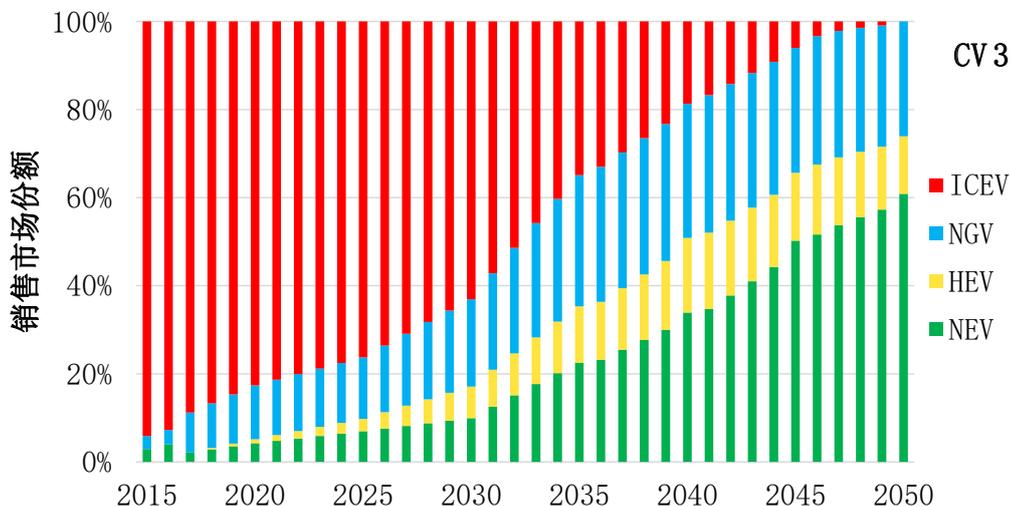


图 10 中、重型货车 (CV3) 的替代与退出

7. 对能源消耗、污染物与温室气体排放影响

在传统燃油车退出的“2050 未来情景”中，汽车保有量将从目前的 2 亿辆增加到 5 亿辆。汽油消费量将在 2025 年左右达到峰值，而柴油消费量目前已达到峰值水平并进入消费平台期。然后持续降低汽柴油消耗，到 2040 年、2050 年分别下降为峰值的 55% 到 80% (如图 11 所示)。

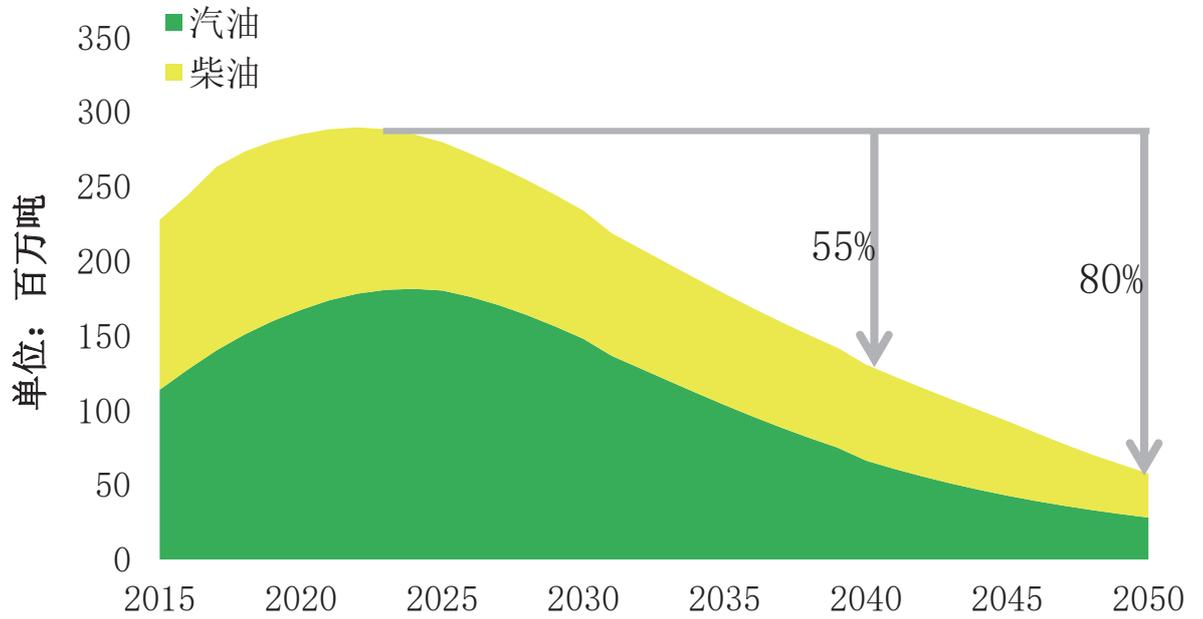


图 11 “2050 未来情景” 下汽车行业汽、柴油消费量

终端来看，纯电动汽车尾气温室气体排放为零。随着传统燃油汽车的退出，我国整体车队终端温室气体排放在 2024 年达到峰值，2040 年和 2050 年终端温室气体排放水平较峰值分别下降 51% 和 77%（如图 12 所示）。

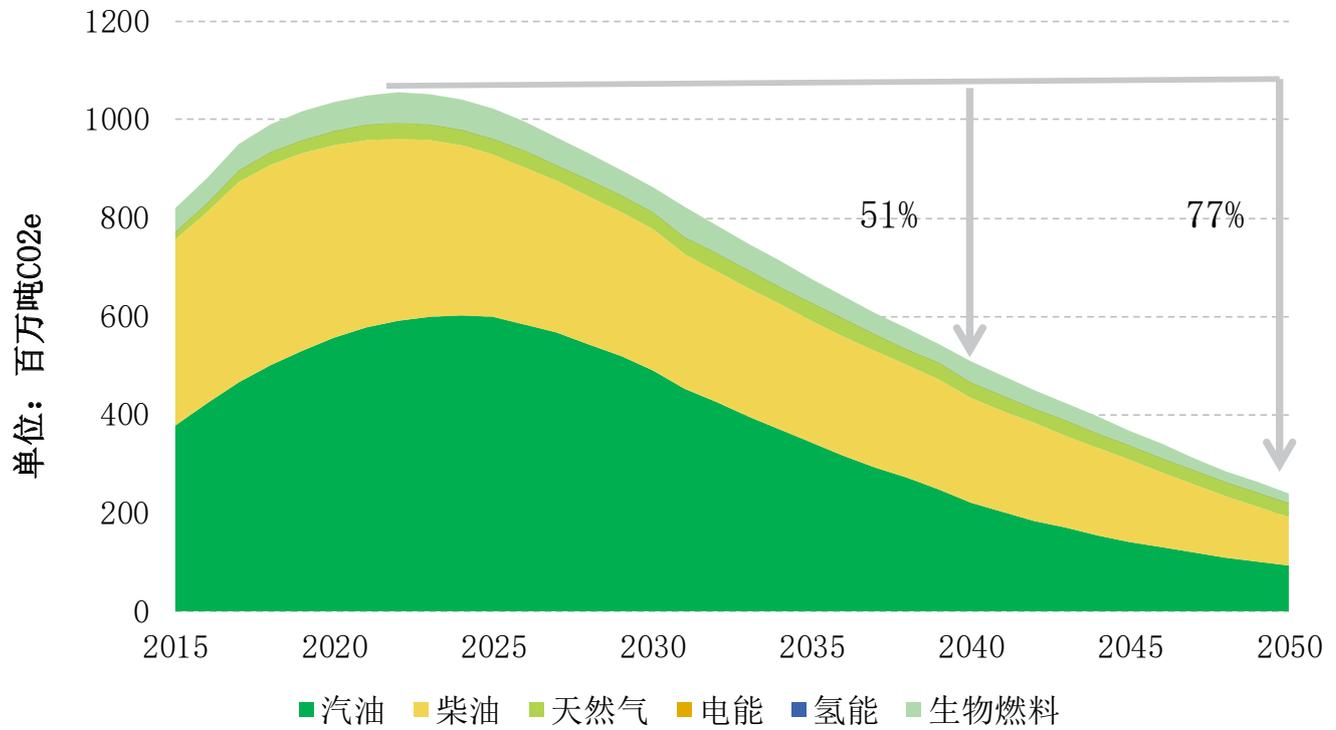


图 12 2015-2050 年保有车队终端温室气体排放

从生命周期来看，现阶段纯电动乘用车与燃油车对比，温室气体减排在 15-35% 左右，随着电动汽车比例上升和技术提高，发电结构中可再生能源占比增加，电能和氢能生命周期温室气体排放因子将逐步降低，2040 年和 2050 年整体车队生命周期温室气体排放较峰值分别下降 33% 和 55%（如图 13 所示）。

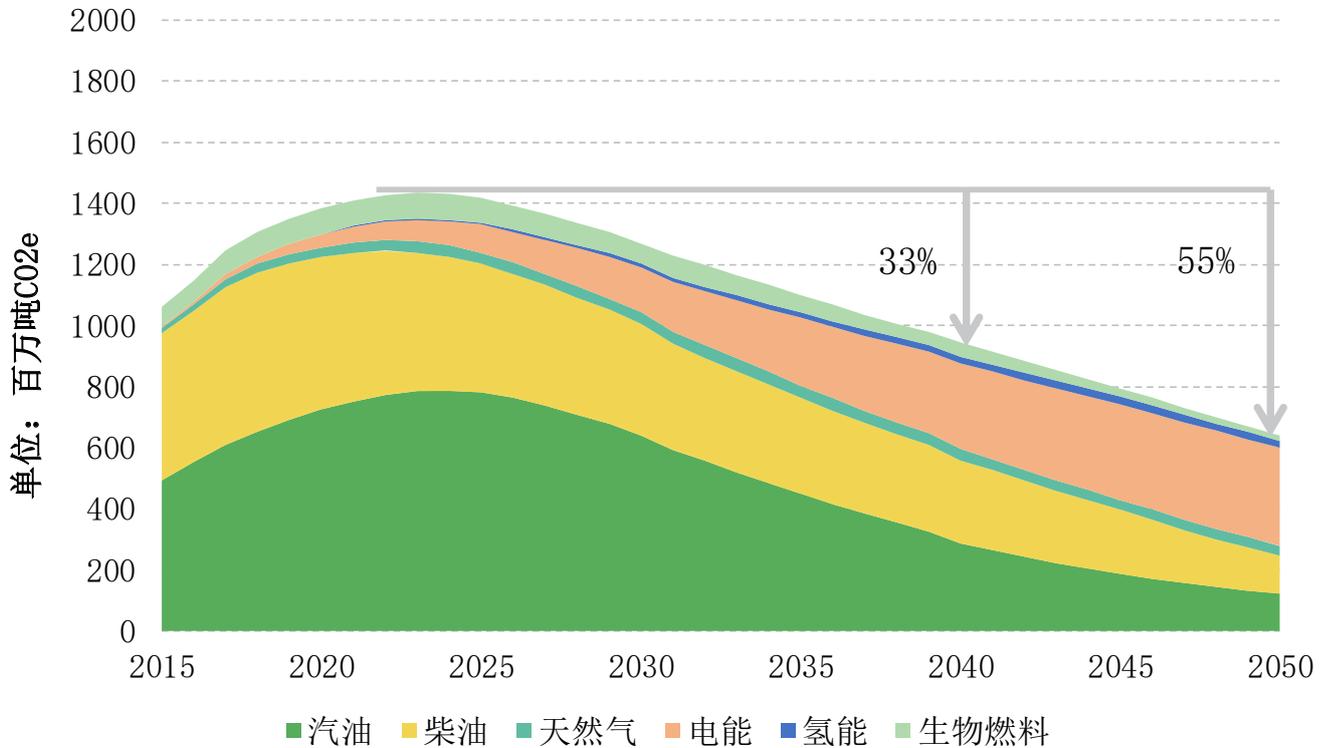


图 13 2015-2050 年保有车队生命周期温室气体排放

理论上电动汽车和燃料电池汽车终端污染物排放为零，与传统燃油汽车相比，电动汽车具有绝对的污染物减排效益。从生命周期的角度来说，达成的共识是，现阶段中国电动汽车可大幅减少 VOCs 排放；与国五标准相比，具有一定的 NOx 减排潜力，而在 PM_{2.5} 与 SO_x 排放方面，在目前电网排放水平下，电动汽车对比传统车还不具备优势。

过去十年，中国煤电行业烟尘排放绩效下降 95%，二氧化硫排放绩效下降 93%，氮氧化物排放绩效下降了 90%。在火电超低排放水平下，与现有电网对比，NOx 可下降 70% 左右，再配合中国可再生能源发电比例的提高，届时，电动汽车较传统车将会有较大的污染物减排空间。

燃油汽车是移动污染源，其监管和治理的难度远高于发电厂的固定源排放。燃油汽车污染排放主要在于行驶阶段，处于人群密集区，并接近人体呼吸高度，电动汽车污染排放主要在于发电阶段，为高空远距离排放，远离人群，汽车排放 NOx 和 PM₁₀ 的暴露效率是电厂排放污染物暴露效率的 10 倍以上。显然，电动汽车的污染物暴露对居民健康影响远低于传统燃油车尾气排放。

8. 中国传统燃油汽车退出的不确定性

（1）政策到市场驱动转型

目前中国新能源汽车发展以政策驱动为主，大部分区域的城市公交、出租与分时租赁车、环卫等公共用车在政府主导下，新购与置换以新能源汽车为主；新能源私家车的推广也主要受补贴、不限购、不限行等政策推动。2016年乘用车单车补贴占购置成本大约20-35%，而公交车占比更高达50%左右；2017年7个限购城市新能源汽车销量占全国总销量的44%。但随着补贴的退坡，在向市场驱动转型的过程中，企业动力与利益将大幅削弱，虽然《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》从供应侧要求企业生产/进口一定的新能源汽车比例，但需求侧消费行为往往受制于新能源汽车成本、产品技术成熟度与用车环境等因素，在短中期内从政策向市场转型过程中，存在较大的不确定性。

（2）新能源汽车技术发展

新能源汽车技术需要不断突破，降低成本，在市场条件下，可与传统燃油车竞争，尤其是动力电池技术（约占纯电动汽车总成本的40%）。目前，动力电池技术路线以磷酸铁锂、三元锂电池为主，电池系统比能量仍较低，寿命质保仅5年左右，成本也较高，在耐久性、环境适应性以及安全性方面均存在不足。未来新体系电池如锂硫电池、锂空气电池、固态电池等，预计具有更低成本和更高的比能量，但这些技术目前尚处于基础研究阶段，其规模化应用仍然具有较大的不确定性。同样，其他电机、电控技术及成本是否能够如期突破，将对传统燃油车的退出产生较大的影响。

（3）共享与智能化发展

共享化与智能化（尤其是自动驾驶）可能将导致未来汽车商业模式和所有权模式发生颠覆性的变化，波士顿咨询公司认为2021年，中国市场约有1.2%的私家车市场将会因共享交通替代，中国汽车技术研究中心则大胆预测2050年自动驾驶与共享可导致千人汽车保有量从350辆下降到190辆。共享与自动驾驶将大幅提升汽车的出行效率，并抑制因出行所产生的汽车需求，当然也面临着成本、技术、道路基础设施条件等多方面挑战，对汽车保有量和出行方式的影响程度也具有较大的不确定性。

（4）汽车发展的外部环境

此外，传统汽车与新能源汽车的发展也受国内国际多种相关外部环境的影响，比如人口政策、经济形势、交通运输结构调整、基础设施完善、石油价格等，以上因素都会增加传统燃油汽车退出的不确定性。

9. 新能源汽车快速发展的风险与问题

（1）稀有金属资源供应

动力电池对锂、钴、锰、镍等稀有金属的需求量大，我国钴需求量约占世界一半以上，尤为短缺。动力电池所需钴元素短缺将严重影响新能源汽车尤其是纯电动汽车的发展。镍元素的缺口也不可小觑，由于动力电池发展路线中存在“增镍减钴”的发展方向，未来短期内镍元素的供应短缺现象可能将持续，甚至恶化。

（2）电池回收利用

新能源汽车动力电池开始进入规模化退役阶段，2020年预计将会有60 GWh的动力电池面临退役，总质量将达到25.7万吨。虽然电池可梯次利用，但目前电池厂商不愿意承担额外风险，倾向于直接拆解报废。另外动力电池型号繁杂，匹配难度大，梯次利用技术不成熟，承接市场尚未得到完全开发，无法保证淘汰电池全部得到有效利用，因此利用比例非常低。动力电池中锂钴锰等元素如若不妥善回收，将会对环境造成十分严重的危害。

（3）充电基础设施建设

电动汽车基础设施不全是制约电动汽车市场发展的主要因素之一。相比于燃油车，电动汽车在电池能量密度方面有先天的弱势，如若不能实现方便、快捷地充电，对于市场（尤其对于尚未限购的城市市场）进一步接受电动汽车会造成明显的负面影响。

（4）燃油车企转型与产能淘汰

虽然政策要求原则上不再投资建设国内市场的燃油汽车项目，现有传统汽车产能也需要向新能源汽车快速转型，从而带动整个汽车产业链的转型升级，包括生产经营模式、生产资料、人才储备等。

（5）电网负荷增加

在无序充电情形下，电动汽车将导致 2020 与 2030 年峰值负荷分别增加约 62% 与 58%，负荷高峰时段的充电行为将会加重配电网负担。电动汽车充电设施这一类大功率、非线性负荷的设备，由于布局分散，会产生很高的谐波电流和冲击电压，给电网公司配电侧管理带来了较大挑战。未来需引导有序充电，同时进行电网智能化升级以缓解电动汽车充电对电网负荷的冲击。

10. 中国传统燃油汽车退出建议

（1）法规层面需明确传统燃油汽车退出的目标优先级。

传统燃油汽车退出将带来多方面直接或间接性收益，有助于实现国家能源安全保障、空气质量改善、温室气体减排、产业转型升级等目标。这些目标往往具有关联性，同时有其独特性。需在重要法规文件上体现出某一阶段传统燃油车退出的目标优先级，作为该阶段启动传统燃油汽车退出行动方案的基本指导方针，以便清晰准确地进行政策、技术与市场决策。

（2）深入论证传统燃油汽车禁售时间表，建立联合工作机制。

传统燃油汽车退出将对产业、区域经济、能源结构、环境等方面产生很大的影响，也对基础设施、资源需求、机制协调提出了很高的要求。需成立跨部门、跨行业的专家论证委员会，基于国家自身能源、环保、产业转型需求以及贸易、气候谈判、政治格局等国际定位，广泛征求利益相关方意见与建议，深入论证传统燃油车禁售的可行性及时间表，并从中央层面上提出“禁燃”框架及战略性要求。工业和信息化部、国家发改委、交通运输部、生态环境部等部门要建立联合工作机制，高效协作。

（3）传统燃油车基于车型与使用场景分阶段、区域由点及面逐步退出

中国汽车结构及使用场景较为复杂，技术成熟度及转型成本是传统燃油汽车退出的核心影响因素。因此，建议基于车型和使用场景分阶段分区域逐步退出。政府可主导的公共营运性车辆可先行退出，如城市公交、出租及分时租赁、环卫、邮政、场地用车、城市轻型物流专用车、公务车等。技术成熟度要求较高及市场主导车型次之，如私家车。中重型经济营运性货车可待技术成熟且成本有竞争力的情况下再大力施行。

由于区域经济、产业、政策及消费者认知等方面的差异性，建议传统燃油汽车退出从城市试点开始，由点及面，中大型城市、重点区域省会城市可率先进行汽车保有量控制与传统燃油车退出；进一步过渡到经济发达、汽车产业成熟、污染严重的区域；最后过渡到经济欠发达及汽车产业落后的区域。在落后区域及农村地区可以鼓励小型、低速、低成本电动汽车的推广，同时也需要落实相关的安全标准。

（4）地方层面根据自身条件评估申报，根据国家战略框架并制定具体行动实施方案，鼓励中大型城市提前实施。

在中央层面制定的时间表基础上，大中型城市及功能性区域可以根据本地经济、人口与汽车保有、汽车产业、资源情况、基础设施、地区规划，以及对交通拥堵和空气改善需求，在充分征求利益相关方意见的前提下，可申报提前，实施燃油车禁售时间表，经中央联合工作组批复后，制定具体行动实施方案。鼓励创新型功能性的中大型城市可以提前实施禁售行动方案。

（5）评估退出方案对传统燃油汽车产业及产业链的影响，并提前引导。

中国传统燃油汽车产业及其产业链规模巨大，其退出势必对产能、资源、就业等多方面造成冲击与影响，需要做好充分评估，并提前进行规划与引导，包括妥善出台重组并购、财务支撑，就业安排及破产保护等措施。

（6）对新能源汽车技术发展及资源需求进行定期评估，识别潜在风险与存在的问题，提出解决方案。

对新能源汽车技术发展进行定期跟踪评估，识别潜在风险与问题，不断完善标准体系与管理规范、提高准入门槛，加强市场主导机制。同样需要定期评估资源需求，打通国际稀有金属供应渠道，确定新能源汽车所需稀缺资源的解决方案。此外，加大电池技



术投入与支持，构建有效的电池回收利用体系，有序充电引导与智能电网升级，提前规划布局充电设施并加快建设。

（7）加强新能源车通行管理政策的研究和出台。

从消费端来看，通行便利是目前促进传统燃油车替换为新能源车的重要驱动因素，但未来随着燃油车的逐步退出，以及新能源汽车数量增大，新能源车的使用对城市交通运行也会带来较大影响，需要综合考虑各城市交通承载力和运行效率，加强对新能源车通行管理政策的研究，并出台相关的管理机制。

（8）持续评估创新的科技与商业模式对石油消耗，交通排放及城市发展的影响。

共享汽车与出行、智能及无人驾驶、出行即服务（MaaS）等创新型科技与商业模式将直接影响汽车保有和交通出行需求，将加速传统燃油车退出进程，需持续评估它们对石油消耗、交通污染物与温室气体减排及城市发展的影响。

（9）制定并完善实施政策和细则，持续评估政策影响力。

要提出具体推动传统燃油车禁售与退出的可执行实施的政策和细则。其中，惩罚性政策要有充分的法律依据，鼓励性政策也要符合实际，以避免重复以前的教训。各个部门管理分工明确，协调一致。新能源汽车仍然处于政策与市场双驱动的阶段，需不断完善补贴及其财税扶持机制，商用车需着重营运补贴；严格并长期持续地实施油耗与新能源汽车双积分政策，评估油耗与新能源汽车积分间的交易是否合理有效；双积分机制逐步应用到商用车领域，分车辆类型逐步实施。评估其他新能源汽车政策实施的效果，根据效果进行及时有效的调整。

编后语：本报告是《中国传统燃油车退出时间表研究》第一期（2019）报告。中国是世界上传统燃油车最大的生产和销售市场，退出时间表的研究需要考虑各种因素的影响，本课题组将持续深入研究。本报告如能抛砖引玉，吸引更多资源共同开展相关工作，聚集社会共识，我们将不胜荣幸。

完整报告

前言

石油是中国社会发展的重要动力，但其生产与消费给水、空气、土地、生态系统及气候变化等方面带来了负面影响。2018年中国石油对外依存度已达到70.9%，能源安全隐患较大，促进石油消费尽早达峰并降低石油消费总量，对加速能源转型很有意义。

车用石油消耗为石油总消耗量的42%，而车用汽柴油消耗占比更是超过成品油消耗总量的80%，机动车已成为中大型城市污染物与温室气体主要排放源，是大气污染防治的重点。降低汽车对石油的依赖，减少尾气排放影响，其核心手段就是要引导高能耗高排放的传统燃油汽车逐步退出，包括强制性禁止其生产与销售；推动发展低油耗低排放的先进混合动力、插电式混合动力汽车，以及零排放的纯电动汽车、燃料电池汽车。传统燃油汽车的退出将会是强制性指令与市场发展共同作用的结果，既包括政府作为推动主体，通过行政命令如禁售的方式或其他政策手段引导退出，同时也包括以市场为主体，利用技术与成本优势对传统燃油汽车进行市场淘汰和退出。

本课题通过对各国传统燃油汽车禁售驱动力分析、全球汽车技术发展趋势判断及中国汽车行业石油消耗的预测分析，探讨中国传统燃油车禁售与退出的阶段性设计，并绘制出燃油车禁售与淘汰的路线图，供相关决策者参考。



全球传统燃油汽车退出 背景研究

1.1 汽车行业降低石油消耗的核心路径

降低汽车行业石油消耗量，减少污染物与温室气体排放，其核心路径主要包括发展新能源汽车和先进节能汽车技术，扩大使用清洁低碳替代燃料等。其中，新能源汽车被认为是一种能在中长期内最大化发挥能源与环境效益的技术选项，混合动力汽车和其他先进节能技术则被认为是短中期内最有效降低油耗的方式，替代燃料则被认为是有效的补充选项。

1. 新能源汽车

主要包括纯电动汽车（BEV）、插电式混合动力汽车（PHEV）和燃料电池汽车（FCV）三种技术。

（1）纯电动汽车（BEV）

BEV 完全依靠外接式电源充电提供动力，使用端可实现尾气零排放，但受限于当前电池技术及产品的发展，加上基础设施配套仍不完善，市场竞争力相对较弱，目前主要受政策驱动。BEV 目前是中国新能源汽车发展和市场推广的主要战略方向。

（2）插电式混合动力汽车（PHEV）

PHEV 具有两套驱动系统且可外接充电，既可纯电驱动，也可燃油驱动。燃油驱动解决了消费者里程焦虑问题，而纯电模式则可降低油耗与排放，被认为是从传统燃油汽车到纯电动汽车的过渡选择。上海给予 PHEV 和 BEV 同等优惠政策，根据市场反馈，有 2/3 的消费者选择了 PHEV，另外 1/3 选择 BEV¹。

（3）燃料电池汽车（FCV）

FCV 以氢燃料进行驱动，具有能量密度高、无污染、效率高等特点，但存在电池成本过高及基础设施薄弱等问题，仍处于示范运行阶段，还未进入消费者市场领域。但是该技术未来潜力较大，尤其在商用车领域将得到广泛应用。

2. 混合动力汽车

混合动力汽车（HEV）指无外接电源并利用内燃机和电动机进行混合驱动的汽车。根据混合程度及其技术应用情况，HEV 一般比传统燃油车节油 20-50% 不等。目前，



混合动力汽车在中国缺乏政策支持，企业发展混合动力的意愿不大，市场占比非常小，但从技术角度看，已初步具备大规模发展基础，被认为是传统燃油汽车未来进行油耗合规的重要手段之一²。

3. 其他先进节能技术

(1) 48V 微混技术及常规先进节能技术

传统汽车通过动力总成升级优化，发展先进内燃机技术和先进控制技术、降低摩擦来提高发动机热效率，手段包括缸内汽油直接喷射、均质混合气压燃着火（HCCI）、涡轮增压、三缸发动机等。同时，也可通过 48V 微混技术，先进变速器、废热能量回收、可变气门、怠速起停等技术手段进行节能。

(2) 汽车轻量化技术

汽车整备质量每降低 100kg，燃料消耗量将下降 0.4-0.6 L/100km³。轻量化技术一般包括使用轻型合金和使用新工艺改造原有车型结构等，但由于轻量化成本较高，目前仅在中高端车内应用。

4. 替代燃料

(1) 天然气

天然气作为车用能源具有燃烧稳定、积碳少、CO₂ 排放低、经济性好等优点，应用形式包括压缩天然气（CNG）和液化天然气（LNG），主要在大型货车、出租等领域进行应用，尤其是在天然气丰富地区。目前，中国天然气汽车的保有量已经超过 550 万辆⁴。

(2) 生物燃料

生物燃料的碳强度普遍低于汽柴油，其按一定比例添加到汽柴油中，可增加含氧量，是国际上降低交通温室气体排放的主要手段之一，超过 40 个国家与地区强制性要求按比例添加生物燃料⁵。中国目前有 7 个省市超过 20 个城市封闭式推广 E10 乙醇汽油，并计划于 2020 年在全国范围推广⁶。

(3) 其他替代燃料

除天然气和生物燃料以外，还有甲醇等替代燃料应用于汽车领域。

1.2 各国新能源汽车发展规划与目标

1. 美国

美国能源部（DOE）在《2022 电动汽车发展蓝图》中提出大幅降低电驱动与电池成本，从而降低美国家庭购买电动汽车的成本，同时，大幅提高动力电池模块能量密度和驱动系统，并提出将电动汽车的整备质量减轻 30%⁷，如图 1 所示。此外，美国要求在充电基础设施、电网集成等方面进行配套升级，出台了一系列财税和非财税支持政策以鼓励电动汽车消费，同时，还要求增加电动公务车的购置比例。加州地区实施零排放汽车（ZEV）积分机制，提出了 2025 年 ZEV 积分比例达到 22%，约 150 万辆的要求⁸。

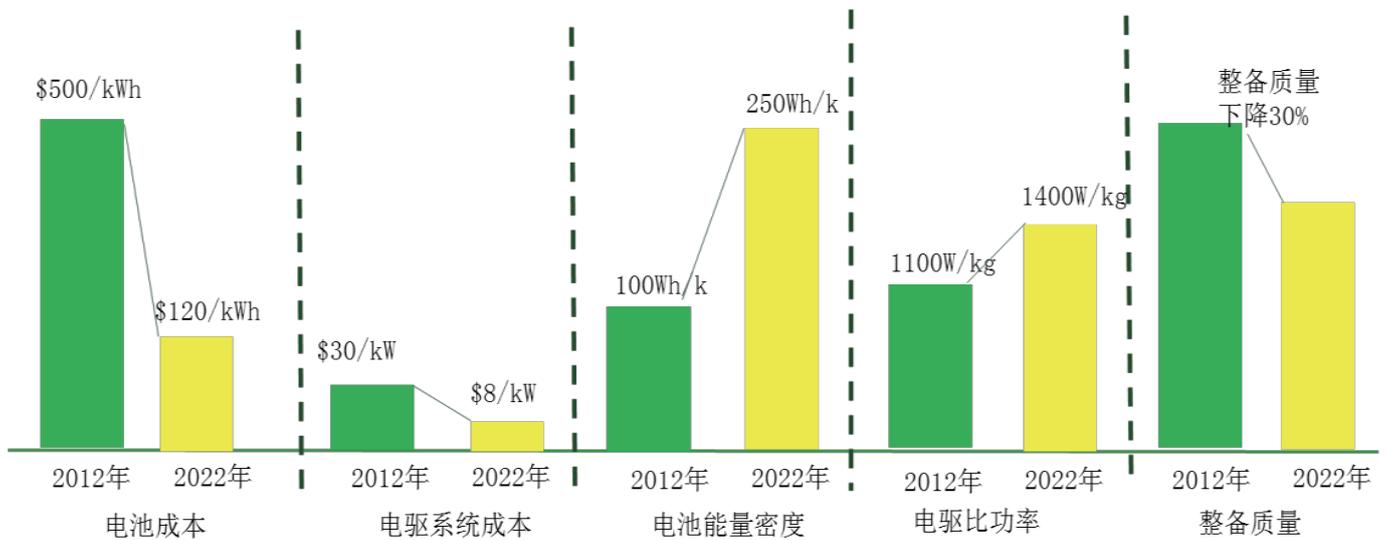


图 1 2022 年美国电动汽车发展蓝图

2. 日本

日本由于能源匮乏，2006年就提出“到2030年交通领域对石油的依赖从100%降低到80%”的目标。因此，日本部署了电动汽车、燃油经济性标准等战略。2016年日本经济产业省发布《EV、PHEV路线图》，提出到2020年累计推广EV和PHEV 100万辆，预计到2030年日本下一代汽车（包括HEV和清洁柴油车）销量达到总销量的50-70%，其中在四成居住区普及充电设备⁹，见表1。

表 1 日本下一代汽车战略目标

车辆类型	2016年业绩 (新车销量占比 %)	2030年占比 (%)
普通汽车	72.91	30-50
下一代汽车	27.09	50-70
HEV	22.75	30-40
BEV	0.31	20-30
PHEV	0.35	
FCV	0.01	3
清洁柴油车	3.65	5-10

3. 德国

德国联邦政府在2009年设立了一项推广新能源汽车的国家计划，提出到2020年德国新能源汽车保有量需达到100万辆，并争取在2030年达到500万辆，最终在2050年左右实现城市交通基本无燃油车的目标¹⁰。此外，德国政府还成立了“国家电动汽车平台”，通过三步走计划，完成国家电动汽车规划，如如图2所示。

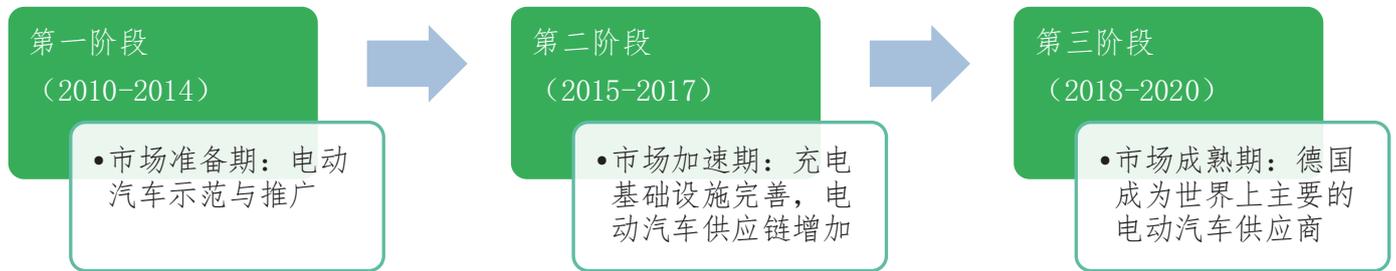


图 2 德国电动汽车三步走国家规划战略

4. 法国

法国政府在 2009 年确定了发展 EV 和 PHEV 的一系列计划，提出在 2020 年前生产 200 万辆清洁能源汽车¹¹。该计划囊括了研发、电池、充电设施建设等多个领域，具体包括：给予二氧化碳排放量小于 60 g/km 的“超级环保车”每辆 5000 欧元的高额补贴；投入 15 亿欧元支持充电设施建设，预期到 2015 年充电站达到 100 万个，2020 年充电接口总量达到 400 万个；支持优势车企等大型企业建设电厂和制造电动车等²¹。

5. 英国

英国政府在 2009 年设立了低排放汽车办公室，2013 年实施了《英国超低排放汽车发展战略》，提出至 2050 年，英国每一辆客车和货车都将为超低排放车辆；并提出到 2020 年，电动汽车注册比例达到 5%¹²，并确保到 2030 年，中央政府车队将完全由超低排放车辆构成。针对该战略，英国政府实施了四项措施：第一，通过一系列手段提高公众对超低排放车辆益处的认识，如对充电奖励，推介活动等；第二，鼓励公共部门率先使用超低排放车辆；第三，政府参与投资建设充电桩、充电站等基础设施；第四，政府保证延续超低车辆购置税至 2020 年。2018 年 7 月，英国交通部主导发布《零排放之路》方案¹³，明确提出到 2040 停止传统燃油车的销售，并就具体方案目标和配套方案作了详细说明，包括扩大现有新能源汽车补贴、激励安装充电设施、提供 2.46 亿英镑支持电池研发、出资更换传统出租车。

6. 挪威

挪威是世界上人均汽车拥有量最多的国家，也是全球新能源汽车市场份额最高的国

家，达 52%¹⁴，挪威政府计划在 2025 年前实现 100% 电动汽车销售占比，彻底禁止燃油车销售¹⁵。挪威发展新能源汽车的主要目的在于减少温室气体排放，以达到汽车碳减排目标。根据其规划，到 2020 年，汽车二氧化碳排放量由 2012 年的 130g/km 降低到 85g/km，并可在 2050 年实现温室气体“零排放”¹⁶。

7. 中国

中国先后在多个政策文件提到了新能源汽车发展目标，2012 年发布的《节能与新能源汽车发展规划（2012-2020）》作为第一个新能源汽车发展的战略性纲领文件，将纯电驱动确定为中国新能源汽车发展的战略方向，明确提出了到 2020 年纯电动汽车和插电式混合动力汽车的生产能力达到 200 万辆，累计产销量达 500 万辆。2017 年发布的《汽车产业中长期发展规划》中，提到至 2025 年，新能源汽车占汽车总产销的 20% 以上。此外，《中国制造 2025》、《节能与新能源汽车技术路线图》均提及了新能源汽车发展目标。

表 2 中国各规划文件新能源汽车发展目标

政策名称	指标	2020	2025	2030
《节能与新能源汽车产业发展规划》	NEV 累计产销量	500 万	/	/
	NEV 生产能力	200 万	/	/
《中国制造 2025》	自主品牌 NEV 产销量	100 万	300 万	/
	自主品牌 NEV 市场份额	70%	80%	/
《汽车产业中长期规划》	NEV 产销量	200 万	700 万	/
	NEV 产销占比	6.7%	>20%	/
	NEV 保有量*		2000 万	
《节能与新能源汽车技术路线图》	NEV 销量占比	7%	15%	40%

* 在 2018 年《汽车产业中长期规划汽车八项重点工程实施方案》中提出。

从上述分析可以看出，各国已经把新能源汽车发展作为应对能源短缺和环境危机的主要手段，并确定了比较清晰的发展战略与目标，但技术路线各有侧重，相对来说，中国、日本和挪威的新能源汽车目标比较激进。

表 3 主要国家新能源汽车发展目标及技术路线对比

国家	2020	2025	2030	技术路线
中国	500 万	2000 万		BEV 为主要战略方向
美国	120 万	/	/	以 BEV、PHEV 为主
日本	/	/	下一代汽车销量占 50-70%	下一代汽车（含 BEV、PHEV、FCV、HEV、清洁柴油车）
德国	100 万	/	500 万	BEV、PHEV（含增程式）
法国	200 万	/	/	清洁能源汽车
英国	注册量 5%	/	/	超低排放汽车
挪威	40 万	100% 零排放	/	不限定类型

注：如无特殊说明，表中提及的目标数量为均累计销量。

1.3 主要企业新能源汽车发展战略

1. 福特

根据福特汽车“战略创新 2020”，预计 2020 年福特全球新能源车销量将占总销量的 10-25%，并将推出 13 款电动汽车产品¹⁷；并计划在 2025 年之前在中国市场销售的产品中 70% 为混合动力、插电式混合动力与纯电动汽车¹⁸。



2. 通用

通用汽车提出 2020 年与 2025 年在华新能源汽车销量将分别达到 15 万辆和 50 万辆，并计划在 2020 年和 2023 年之前在中国市场推出 10 款和 20 款新能源汽车产品¹⁹，全面覆盖混合动力、插电式混合动力、增程式电动和纯电动等多种技术路线。此外，还与本田合作共同开发下一代燃料电池系统和氢气储存技术。

3. 特斯拉

特斯拉则提出到 2020 年实现 50 万辆的销量目标，未来将在汽车能源变革、智能交通和共享出行方面进行布局，在现有高端轿车和 SUV 电动化的基础上，未来数年内推出电动化重型卡车和高载客密度的城市交通工具²⁰。

4. 丰田

丰田汽车在“环境挑战 2050”中提出短期、中期和长期规划，其中，短期目标在于提高内燃机效率，推广混合动力车型（HEV），到 2020 年全球 HEV 销量达 150 万辆，累计销量达 1500 万辆，燃料电池车（FCV）销量达 3 万辆以上；中期目标是推广插电式混合动力（PHEV）车型；长期目标是在 2050 年消除内燃机车型，使 HEV 和 PHEV 汽车占总销量的七成，FCV 和 BEV 占约三成²¹。

5. 本田

本田汽车计划到 2030 年混合动力车、插电式混合动力车、纯电动车和燃料电池车的销量占 2/3 以上，而这些车型目前的比例为 5% 左右。本田和通用共同合作研发燃料电池汽车，预计 2020 年可以实现商业化²²。

6. 日产

日产汽车“MOVE”战略将纯电动汽车作为 2022 年前重要战略布局点。预计到 2022 年在日本和欧洲销售的电动汽车（包括纯电动汽车和搭载了 e-POWER 电机动力传动系统的车型）将占总销量的 40%，到 2025 年达到 50%；美国市场 2025 年这一比例将达 20-30%，在中国则将达 35-40%。计划推出 8 款纯电动产品，并加速旗下豪华品牌英菲尼迪的电动化进程，2025 年英菲尼迪旗下的电动汽车将会占到其总销量的 50%²³。

7. 宝马

宝马计划在 2025 年前推出 25 款电动车和插电式混合动力汽车，用以应对日益激烈的新能源汽车市场竞争，届时，将其全球电动车和插电式混合动力车的销量比例提升到 15-25%²⁴。

8. 大众

大众计划在 2025 年电动汽车销量达到 200-300 万辆，占总销量的 20-25%，并依次推出 25 款电动汽车，其中，2020 年在华销售 40 万辆新能源汽车，到 2025 年后年销售将增加到 150 万辆²⁵。到 2030 年，大众集团计划为所有车型配备电动汽车选项，用以应对消费者的不同需求²⁶。

9. 奔驰

戴姆勒集团计划在 BEV、PHEV 和 FCV 领域部署，到 2025 年左右实现奔驰纯电动汽车销量占到总销量的 15-25%。同时奔驰将投资 100 亿欧元用于新能源汽车的研发，计划在 2020 年前发布超过 50 款新能源车型，其中超过 10 款为纯电动汽车²⁷；奔驰还计划在 2022 年前为所有车型提供电动版本²⁸。

10. 上汽

上汽在乘用车与商用车领域均积极布局新能源汽车，为目前国内唯一一家覆盖 PHEV、BEV 和 FCV 三条技术路线的企业，2020 年上汽集团新能源汽车目标年销量将达 60 万辆，其中自主品牌新能源汽车销量达 20 万辆²⁹。

11. 北汽

2016 年，北汽发布了新的“五年规划”，计划在 2020 年达到年产销 50 万辆的规模³⁰，并形成 80 万辆以上的生产能力，坚持纯电驱动的技术路线，覆盖乘用车、客车与物流车领域，未来将推出 18 款产品类型，计划到 2025 年实现全线自主品牌产品电动化。

12. 比亚迪

比亚迪一直是国内新能源汽车技术与产品的引领者，2017 年提前两个月完成全年

目标计划，并确定 2018 年实现新能源车销量 20 万辆³¹。产品类型覆盖公交客运、出租车、物流、环卫以及私家车，以纯电动汽车与插电式混合动力汽车为主要技术路线。比亚迪不仅立足国内市场，还发展新能源汽车海外市场，其中占据美国电动大巴 90% 的市场份额³²。

13. 小结

不管是美国、欧洲、日本还是中国的汽车巨头，均提前进行了新能源汽车布局，但相比各国政府计划，企业战略稍显保守，一般只制定 5-10 年规划，预计 2025 年占比在 15-25% 左右。同时，国际车企普遍对华提出了高于全球范围的比例目标。可见，各汽车企业对中国 NEV 市场普遍看好。

表 4 国内外主要汽车企业新能源汽车规划目标总结

国别	企业	车企新能源汽车发展目标		
		2020	2025	2030
美国	福特	10-25% NEV (全球)	70% HEV/BEV/PHEV(中国)	\
	通用	15 万 (中国)	50 万 (中国)	\
	特斯拉	20 万 (全球)	\	\
日本	丰田	HEV 150 万 /FCV 3 万 (全球)	\	\
	本田	\	\	65%(全球)
	日产	\	50% BEV/HEV (日本 / 欧洲) 20-25% BEV/HEV (美国) 35-40% BEV/HEV (中国)	\
德国	宝马	15-25% BEV/PHEV(全球)	\	\
	大众	40 万 (中国)	20-25%，约 200-300 万 (全球)， 150 万 (中国)	\
	奔驰	15-25% BEV (全球)	\	\
中国	上汽	60 万辆	\	\
	北汽	50 万辆	\	\
	比亚迪	\	\	\

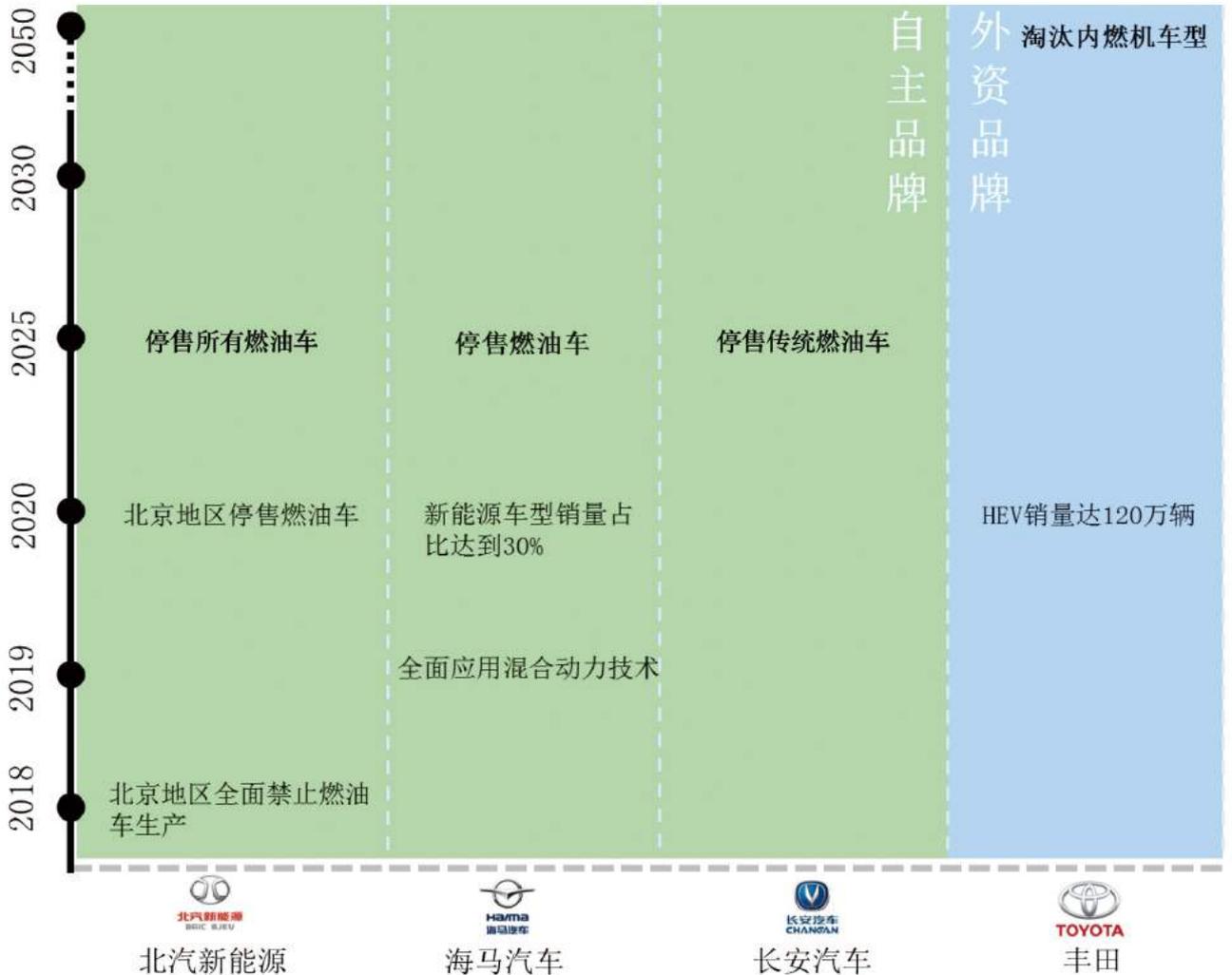


图 3 各车企新能源汽车与停售燃油车计划

在新能源汽车技术路线选择上，国内外汽车巨头在混动、插混、纯电以及燃料电池技术路线上进行选择性部署，其中福特、通用、丰田、本田、上汽等企业全面布局。此外，各企业为了培养消费者新能源汽车体验和初期市场，大都发展共享出行业务，部署自动驾驶战略。

一些企业甚至发布燃油车退出计划，如沃尔沃、奔驰 Smart、林肯、玛莎拉蒂、保时捷、捷豹路虎等，均表示很快将不再生产传统内燃机车，而转向纯电动、插电式混合动力或者混合动力汽车。国内北汽集团也提出 2025 年旗下自主品牌将在全国全面停售燃油车³³；长安汽车“香格里拉”计划也宣布 2025 年除了 EV 和 PHEV 等替代模式外，



提出还将发展高效内燃机 + 带有能量回收功能的新动力组合的先进节能汽车、混合动力汽车来替代传统内燃机车³⁴，全面停售传统意义的燃油车。

表 5 国内外企业新能源汽车技术路线及模式布局

国别	企业	新能源汽车发展路线及出行服务部署				
		HEV	BEV	PHEV	FCV	共享出行
美国	福特	○	○	○	○	○
	通用	○	○	○	○	○
	特斯拉		○			○
日本	丰田	○	○	○	○	○
	本田	○	○	○	○	○
	日产	○	○		○	○
德国	奔驰		○	○	○	○
	宝马		○	○	○	○
	大众		○	○	○	○
中国	上汽	○	○	○	○	○
	北汽		○			○
	比亚迪		○	○		

1.4 各机构对全球新能源汽车市场的预测

当前，已经有多家机构对新能源汽车市场做了预测研究（图 4），2015 年国际清洁能源委员会（ICCT）预测世界主流汽车国家均将会在 2035-2045 年陆续实现新车全部电动化，其中，挪威、芬兰会最先全部实现，紧接着是法国与日本，而中国预计在 2045 年实现 100% 电动化目标。ICCT 认为 2025 年以后电动汽车将进入一个高速发展时期，同时预计全球范围内 2030、2040 和 2050 年 NEV 新车销售分别约占 15%，55% 与 90%³⁵，如图 5。彭博新能源财经（BNEF）也得出了相似的结论³⁶，其预测 2030 和 2040 年 NEV 新车销售分别约占总体销售的 28% 和 55%，并判断 BEV 将占据绝大比例，而 PHEV 自 2030 年起销量基本保持不变。摩根斯坦利³⁷认为由于未来政策不确定性较大，并且各国对新能源汽车的接受程度存在一定的差异，根据其最乐观的估计，全球新能源汽车将会在 2050 年达到汽车总销量的 90%；但当内燃机排放技术出现新突破，使得新型内燃机汽车排放大幅降低，同时电动汽车电池能量密度始终无法取得有效提升时，其悲观估计中的新能源汽车的销量前景将不容乐观。而在它的最悲观估计情景中，新能源汽车的销量占比始终不会突破 10% 关口，且在 2025 年之后有逐渐下降的趋势。

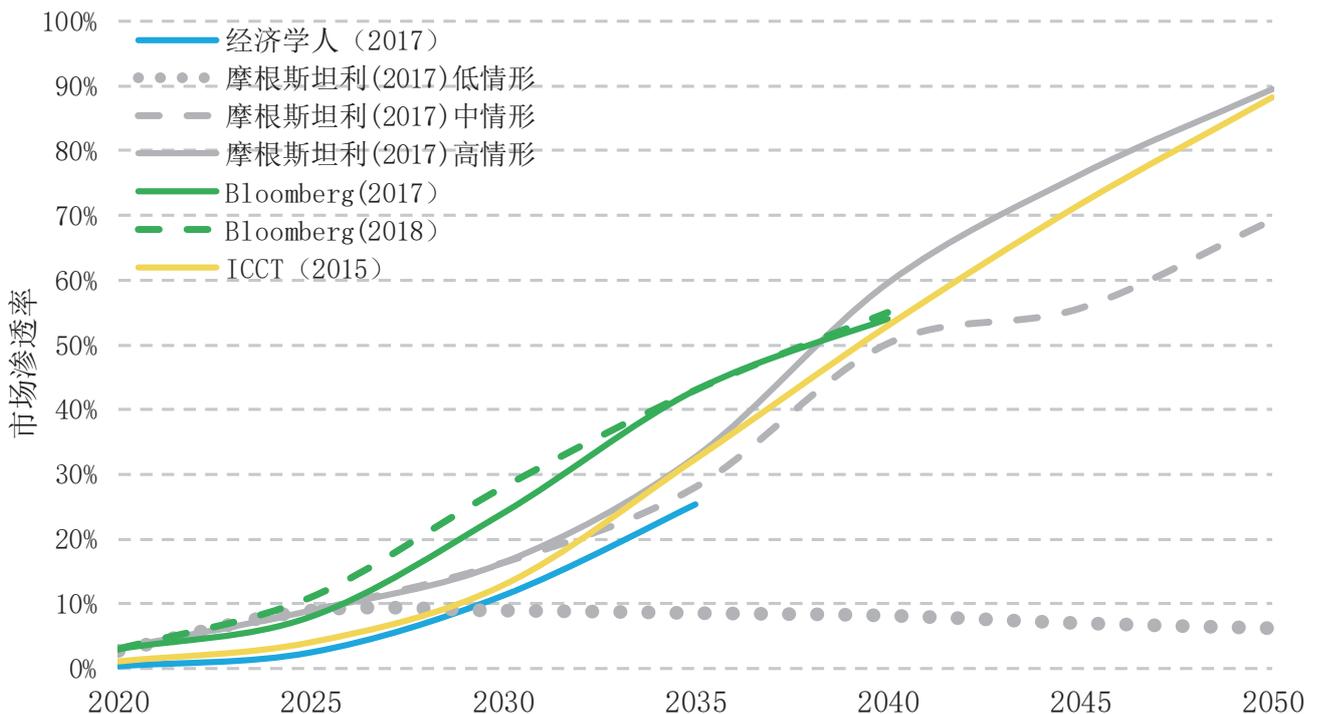


图 4 各机构对全球新能源汽车市场渗透率的预测

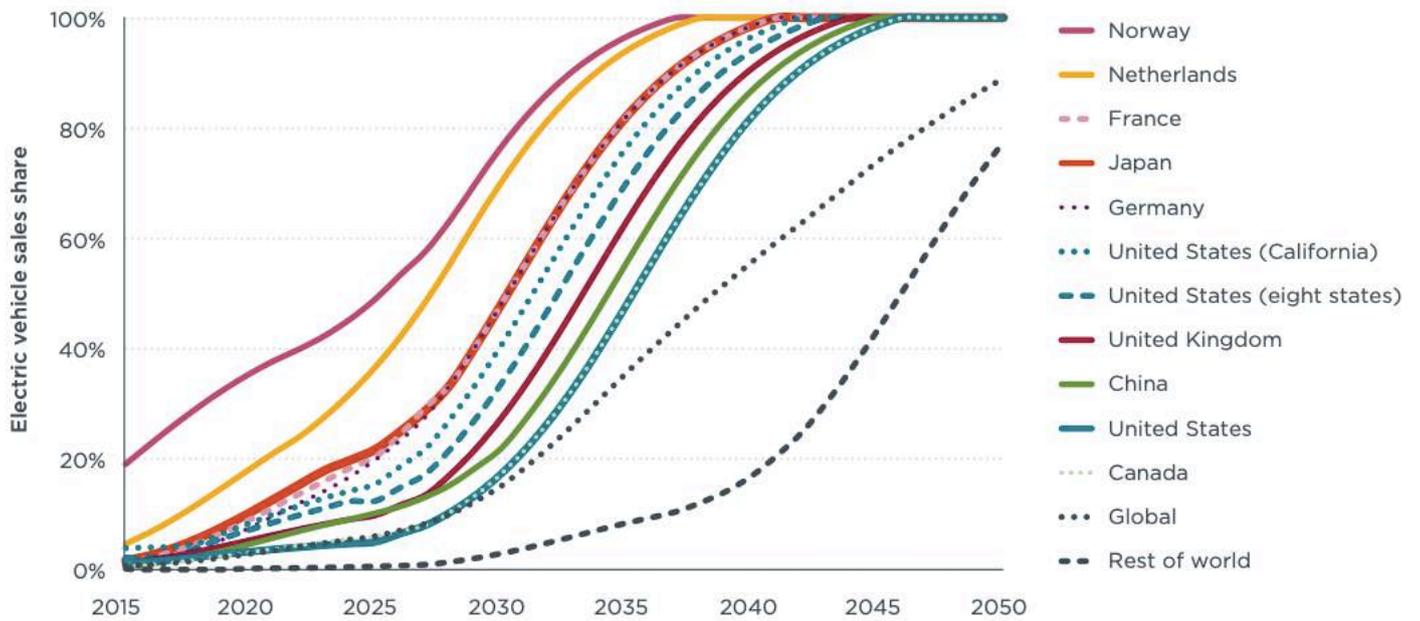


图 5 ICCT 对各国新能源汽车渗透率的预测

1.5 各国 / 地区传统燃油汽车禁售情况

1. 荷兰

2016 年 4 月，荷兰劳工党通过议案的方式首次提出“禁售燃油车”方案，经过充分问询和讨论之后，荷兰政府于 2017 年 10 月提出了一项新计划，该计划要求截至 2030 年，荷兰所有乘用车实现零排放的目标³⁸，不过该计划尚待议会上院通过后方可成为具备法律效力的文件。

2. 挪威

2016年，挪威政府在“国家交通计划”中提出到2025年全面禁止汽油车与柴油车销售，用以进一步实现该国100%利用清洁能源的目标³⁹。

3. 法国

首都巴黎在2016年底联合马德里、雅典和墨西哥城推出了更为激进的行动方案，其承诺在2025年前完全淘汰柴油车，以应对恶劣的空气污染状况⁴⁰。另外，2017年法国政府宣布该国计划从2040年起全面禁止销售所有汽油车和柴油车⁴¹。

4. 德国

2016年德国议会批准通过了一项针对燃油内燃汽车的决议，该决议要求从2030年起禁止销售传统汽油车和柴油车。在决议正式生效后，德国将只允许电动汽车和氢能汽车等新一代汽车销售⁴²。

5. 英国

英国政府于2017年7月宣布其计划在2040年禁止所有柴油车和汽油车的销售，以应对汽车尾气中的氮氧化物造成的空气污染和愈演愈烈的气候变化问题。混合动力汽车也被包括在禁止销售的车型之中。根据该计划，英国政府将投入共计30亿英镑的费用为该项目提供支持⁴³。2018年7月，英国交通部发布《零排放之路》战略¹³，从具体实施方案与计划上来支持“禁燃”。苏格兰政府文件提出，要先于国家八年实现禁止销售燃油车⁴⁴。

6. 印度

印度政府提出要在2030年全面禁止汽油车和柴油车销售，目的在于降低燃油进口依赖和车辆运行成本。与此同时，印度政府也希望借此转型扶持本地车辆行业，提高印度当地车辆制造商的竞争力⁴⁵。

7. 中国海南

国务院在《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》中提出海南岛需逐步禁止销售燃油汽车⁴⁶。2019年3月，海南省政府正式发布了《海南省清洁能源汽车发展规



划》，正式宣布将于 2020 年起开始实施岛内禁售燃油车工作，其具体实施办法是政府机关、国企事业单位用车、公交车、巡游出租车先行禁止采购燃油汽车，然后进一步扩展到轻型物流配送车、网约车、租赁车等社会运营车辆，最后将覆盖到私人汽车。最终在 2030 年前后分领域、分阶段启动实施岛内禁售传统燃油车工作，同时对进岛传统燃油车分阶段实施管控。

8. 中国台湾

台湾行政院长提及将禁售燃油车作为空气污染防治行动方案，提出在 2030 年公务车辆全面电动化，2035 年禁售燃油机车，并于 2040 年全面禁售燃油汽车⁴⁷。

9. 其他国家与地区

以色列⁴⁸、爱尔兰⁴⁹、意大利罗马⁵⁰ 的政府官员均在各个场合提及了对传统汽、柴油车的禁售或使用时间表。

截至 2018 年 4 月，共有 8 个主权国家及多个城市与地区提出针对燃油车的禁售时间表，以欧洲及创新政策行动领先的国家与地区为主，当然也有国家和地区希望通过“禁燃”来驱动本国新能源汽车产业布局，如印度。目前，大多数国家和地区仍以主管部门官员的口头表态为主，挪威、荷兰、德国、英国已通过议案、国家计划文件、交通部门战略或书面协议提出计划；除部分内容公开针对乘用车或柴油车外，其他“禁燃”方案对象模糊，没有指定明确范围（如是否包括混动或插混），如表 6。

这些表态源于部分“禁燃”国为“零排放汽车联盟”成员，2015 年底在巴黎气候变化大会提出了“2050 零排放汽车倡议”⁵¹，在 2050 年之前乘用车全部实现零排放。

“禁燃”的表态，更多的是方向性指引，意图给企业或消费者一个确定性指示：传统燃油汽车退出是一个不可逆转的全球性趋势，企业需提前进行战略部署，消费者也需要进行意识转变。

与重点关注企业端的禁售行为相对应的，是面向公众的“禁行”措施。在 2017 年，洛杉矶、奥斯陆、巴黎、伦敦等 26 个城市共同签署了《零化石燃料街道宣言》，提出到 2030 年，在城市的特定区域内实现零排放⁵²。

表 6 全球各国（地区 / 城市）燃油车禁售计划汇总

“禁燃”区域	提出时间	提出方式	实施时间	禁售范围
荷兰	2016	议案	2030	汽油 / 柴油乘用车
挪威	2016	国家计划	2025	汽油 / 柴油车
巴黎、马德里、 雅典、墨西哥城	2016	市长签署行动协议	2025	柴油车
美国加利福尼亚州	2018	政府法令	2029	燃油公交车
德国	2016	议案	2030	内燃机车
法国	2017	官员口头表态	2040	汽油 / 柴油车
英国	2017/ 2018	官员口头表态 / 交通部门战略	2040	汽油 / 柴油车
英国苏格兰	2017	政府文件	2032	汽油 / 柴油车
印度	2017	官员口头表态	2030	汽油 / 柴油车
中国台湾	2017	政府行动方案	2040	汽油 / 柴油车
爱尔兰	2018	官员口头表态	2030	汽油 / 柴油车
以色列	2018	官员口头表态	2030	进口汽柴油乘用车
意大利罗马	2018	官员口头表态	2024	柴油车
中国海南	2018	政府规划	2030	汽油 / 柴油车

1.6 传统燃油汽车禁售驱动力分析

对以上典型国家进行“禁燃”驱动力分析发现，第一驱动力是减少城市机动车尾气排放，提升空气质量，从而降低居民的健康成本；第二驱动力来自于温室气体目标的实现，这些“禁燃”国家清洁电力比例较高，电动汽车全生命周期的污染物与温室气体减排潜力较大，提供了能源基础；此外，产业转型与布局的需求是另外一个重要的驱动力。

1. 减少汽车污染物排放，降低居民健康成本

汽车污染物排放高度与人体呼吸高度相当，在城市人口密集区排放突出，其空气暴露对居民健康影响最大，再加上它属于移动源头排放，治理难度及成本均高于工业与建筑等领域。为此，各国近几年不断升级传统燃油车排放标准，2020年后均将实施与欧VI相当的排放限值要求（表7），但新增燃油汽车污染物尾气排放控制技术的成本与难度在增加，且可发挥的潜力较小，在用车作为移动排放源的监管控制难度较大，因此，2025年以后各国把汽车污染物排放治理的重点工作放到了发展和使用终端零污染的电动汽车上。

随着可再生发电比例的提高，发电清洁化进程的推进，从全生命周期来看，电动汽车的污染物减排潜力在不断增大。

表 7 主要“禁燃”国汽车排放标准实施

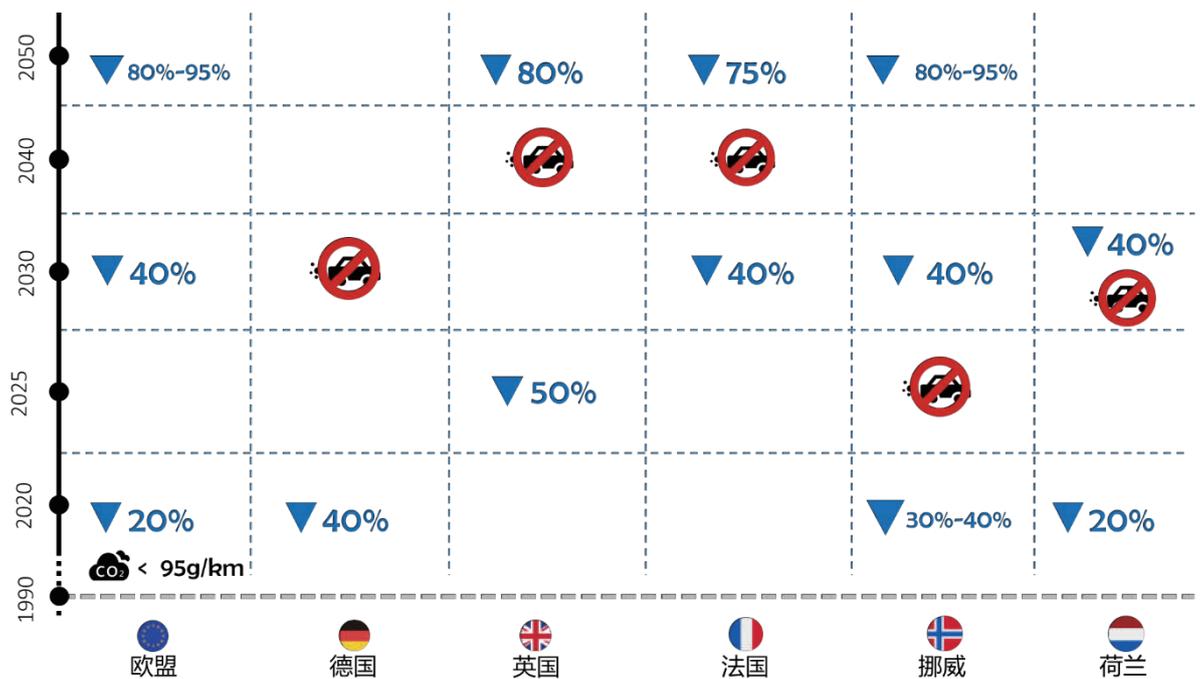
国家	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
德国	Euro V		Euro VI								
法国	Euro V		Euro VI								
英国	Euro V		Euro VI								
挪威	Euro V		Euro VI								
美国	EPA 2010										
日本	PNLT				PNLTES						
墨西哥	EPA2004 / Euro IV						EPA2010 / Euro VI				
印度	Bharat III					Bharat IV				Bharat VI	
中国	China III			China IV			China V			China VI	

数据来源：ICET 根据公开数据整理。

2. 实现国家温室气体减排目标

随着“巴黎气候协议”的签署，各国均进行温室气体减排目标承诺，其中，欧盟承

诺 2020 年温室气体排放强度比 1990 年减少 20%，2030 年比 1990 年减少 40%，2050 年在 1990 年水平的基础之上实现 80-95% 的温室气体减排（如图 6）。温室气体排放源中，交通是增长最快且减排难度最大的行业，全球交通温室气体排放占比大约 14%⁵³，而在某些禁售国家（如德国⁵⁴、法国⁵⁵、英国⁵⁶等），其交通运输温室气体约占 20-25%，部分中心城市已经达到 30-40%，欧盟交通温室气体平均占比也达到了 30%，为此，欧盟确定了交通温室气体减排目标，即 2030 年下降到 2008 年的水平，到 2050 年下降到 1990 年 60% 的水平⁵⁷。因此，这些国家和地区对新车 CO₂ 排放也提出了越来越严格的要求，其中，欧盟要求 2021 年新乘用车 CO₂ 排放不得超过 95 g/km，2020 年商用车不得超过 147 g/km，而英国甚至更进一步提出了 2040 年新乘用车 CO₂ 排放不得超过 75 g/km 的目标。

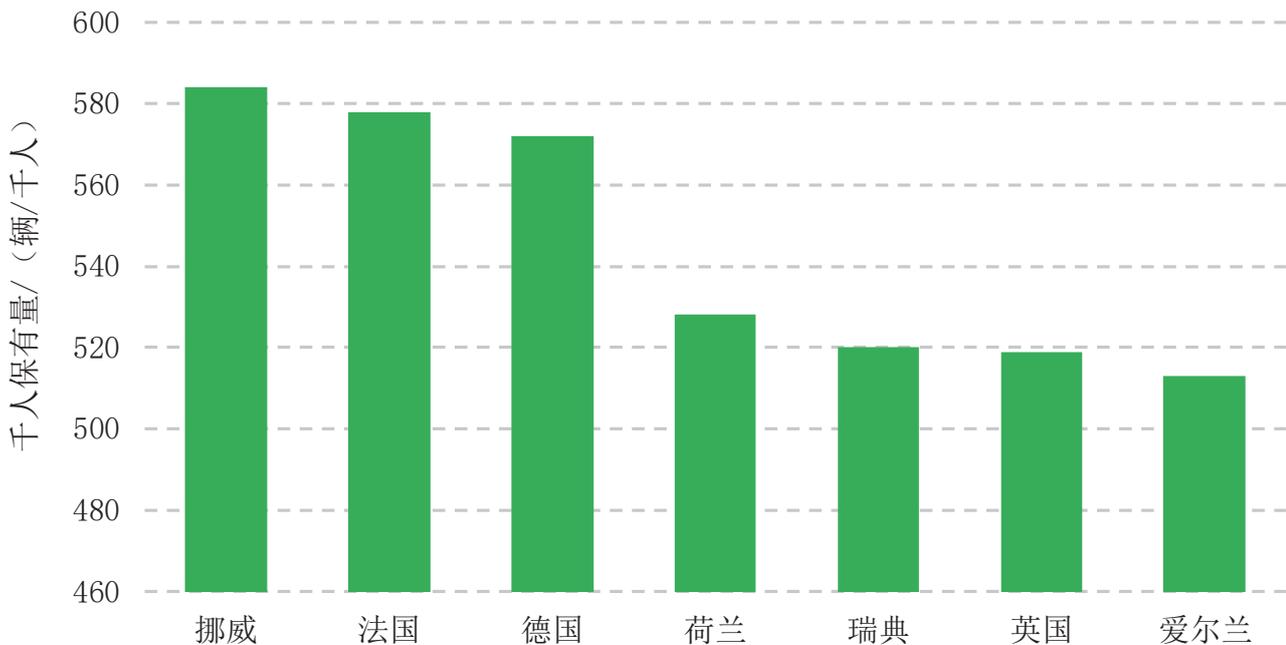


注：所有数据均以 1990 年碳排放为基准值
 数据来源：iCET 根据公开数据整理

图 6 主要“禁燃”国家温室气体减排目标

3. 汽车产业转型与布局的需求

目前,主要“禁燃”国家汽车市场趋于饱和,千人保有量维持在500辆/千人以上(如图7)。根据ICCT的研究³⁴,预计新能源汽车在禁售时间节点的市场比例可以达到40-50%以上,对于有些国家这一数字甚至可能超过90%。如此看来,禁售对汽车市场的增长及产业发展不会产生影响,反而还是产业与消费升级转型的好契机。一些汽车巨头和零部件企业,如奔驰、大众、福特、丰田、沃尔沃、通用等在新能源汽车战略方面与各国“禁燃”计划互为支撑。相较而言,印度本身汽车产业根基较薄弱,但意图通过“禁燃”布局新能源汽车产业,带动本国产业发展。中国也强调,新能源汽车是从汽车大国向汽车强国转型的必经之路。



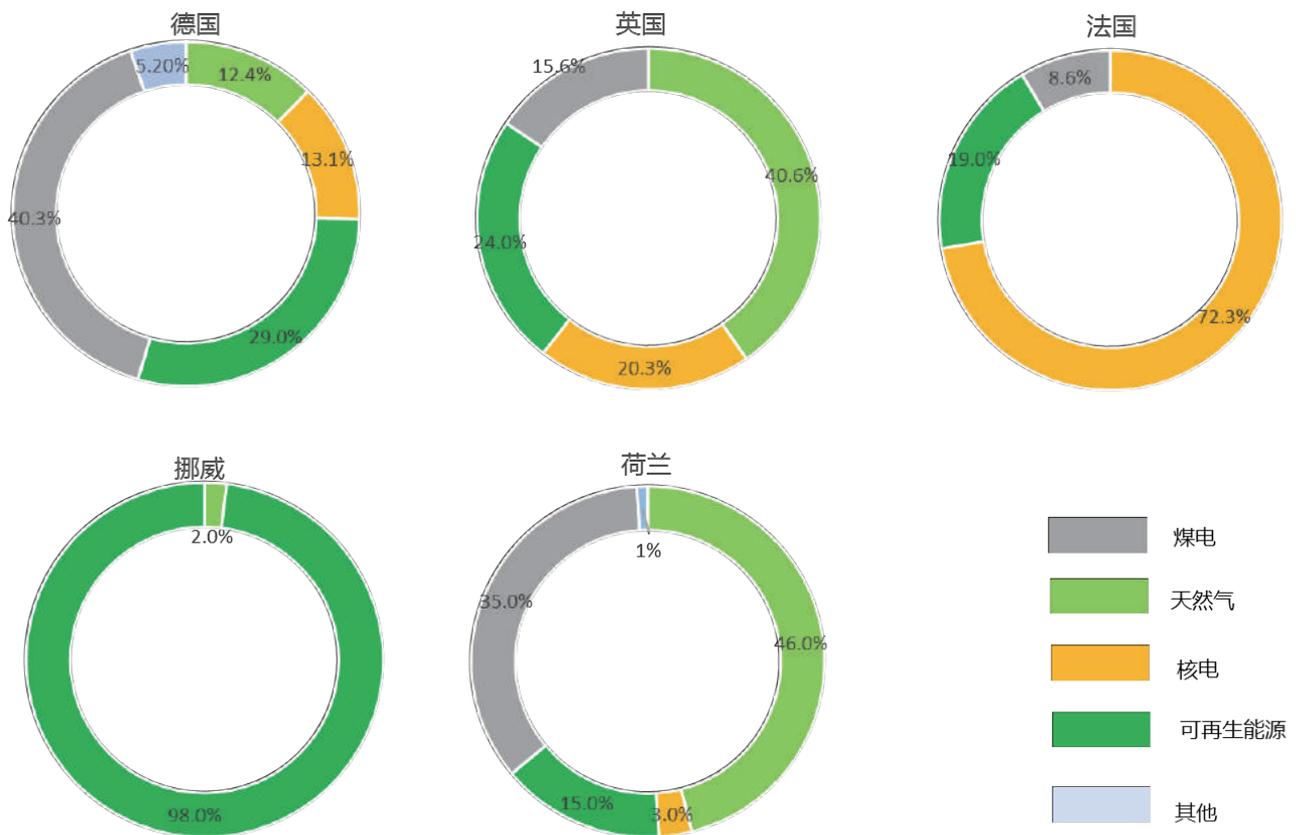
数据来源: ICET 根据公开数据整理。

图7 主要“禁燃”国家汽车千人保有量情况

4. 高比例清洁电力结构是各国“禁燃”的基础

通过对德国、英国、法国、挪威以及荷兰等“禁燃”国家电力结构的研究,发现这些国家清洁能源的比例均非常高,除了德国和荷兰有35-40%的煤电以外,大部分“禁

“禁燃”国家均以天然气、核电和可再生能源发电为主，其中，挪威可再生能源发电占比高达 98%，而法国核电占比达 72%（图 8）。高比例清洁能源结构为其“禁燃”提供了基础，从生命周期角度来看，其污染物与温室气体减排潜力要高于中国以煤炭为主的电力结构。而中国电力清洁化进程在进一步加速，随着可再生发电比例的增加，特别是电动汽车在利用分布式清洁能源上更具优势，其生命周期的环境效益也将越发增大。



数据来源：iCET 根据公开数据整理。

图 8 主要“禁燃”国家电力结构

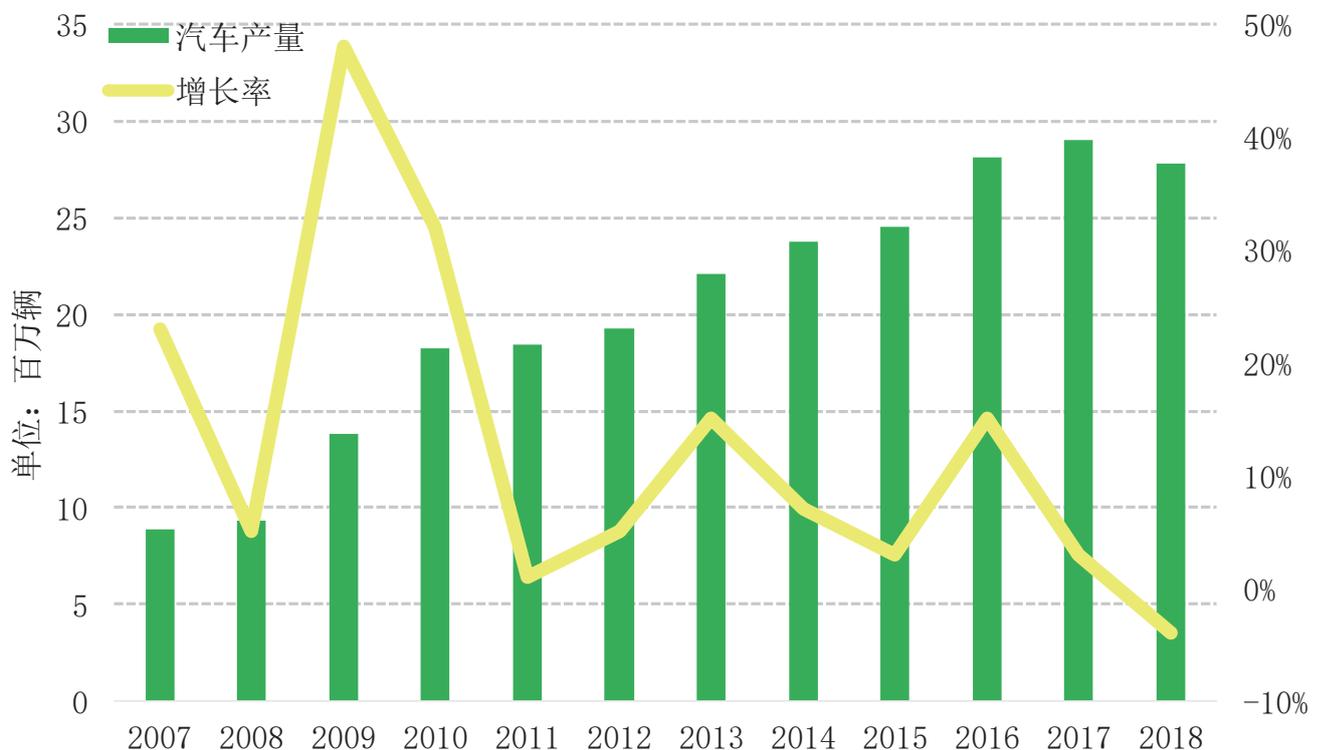
2

中国汽车产业未来发展 趋势及规划

2.1 中国汽车产业发展及石油消耗情况

1. 中国汽车产业发展情况

截至 2018 年，中国已连续十年为世界最大汽车市场，过去十年汽车销量均保持高速增长，近两年增速趋缓，2018 年汽车产量更是出现近 30 年来的首次下降。2018 年，中国汽车产量为 2780 万辆（图 9），其中，乘用车为 2352.9 万辆，商用车达到 428 万辆⁵⁸，总产量近 20 年首次出现下滑。随着国家对节能汽车的鼓励与推广，乘用车正在往节能型方向发展，1.6 L 及以下乘用车占比已经占到了 70%。

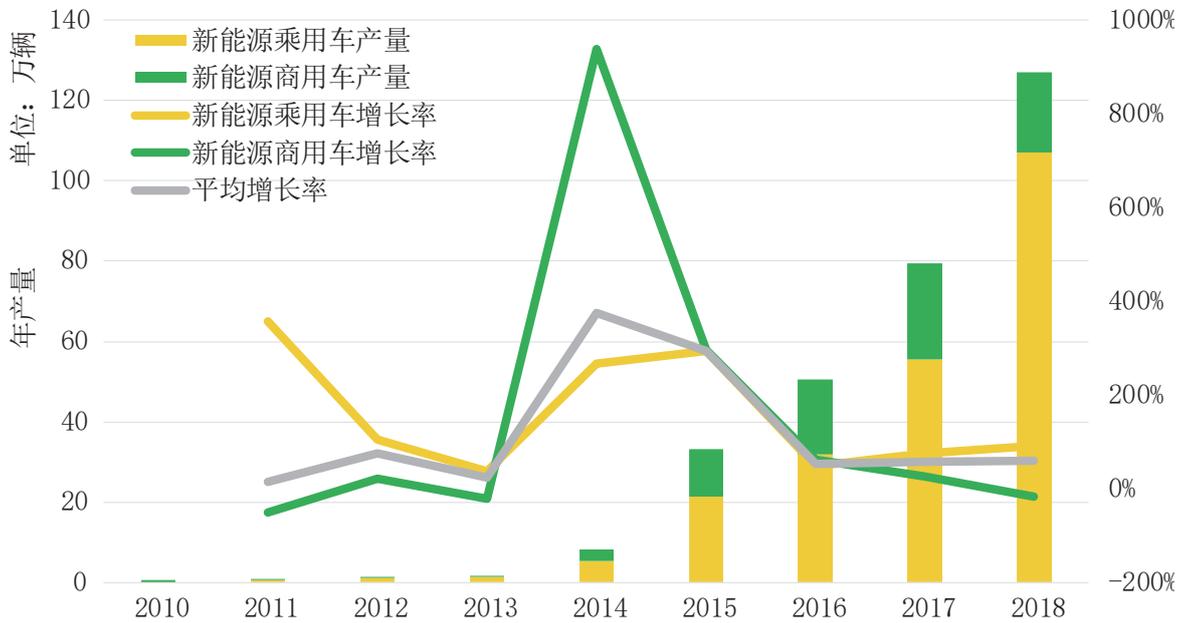


数量来源：中国汽车工业协会。

图 9 2007-2018 年中国汽车产量及增长率



此外，中国也是目前世界上最大的电动汽车市场，2018年新能源汽车产销分别完成127万辆和125.6万辆，产销量已占汽车总产销量的4.5%，新能源汽车产业正从培育期向高速发展期迈进。新能源乘用车已经进入到市场驱动阶段，2018年NEV乘用车销量为107万，NEV商用车近20万，其中纯电动汽车约占80%，插电式混合动力车20%（图10）。而随着各地公交电动化战略的部署实施，2016-2017年新增公交车中新能源汽车占比已达86%⁵⁹，出租、环卫、物流等领域正在进行全面新能源化替代。

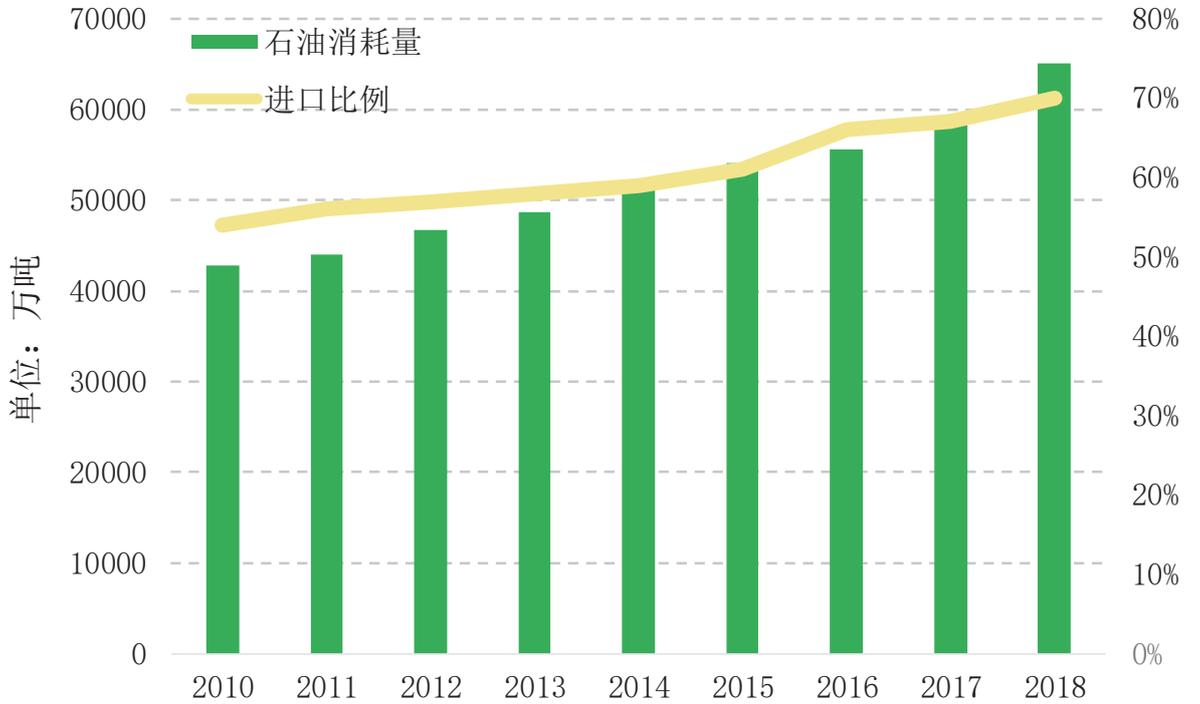


数据来源：中国汽车工业协会。

图 10 中国新能源汽车产量及增长率

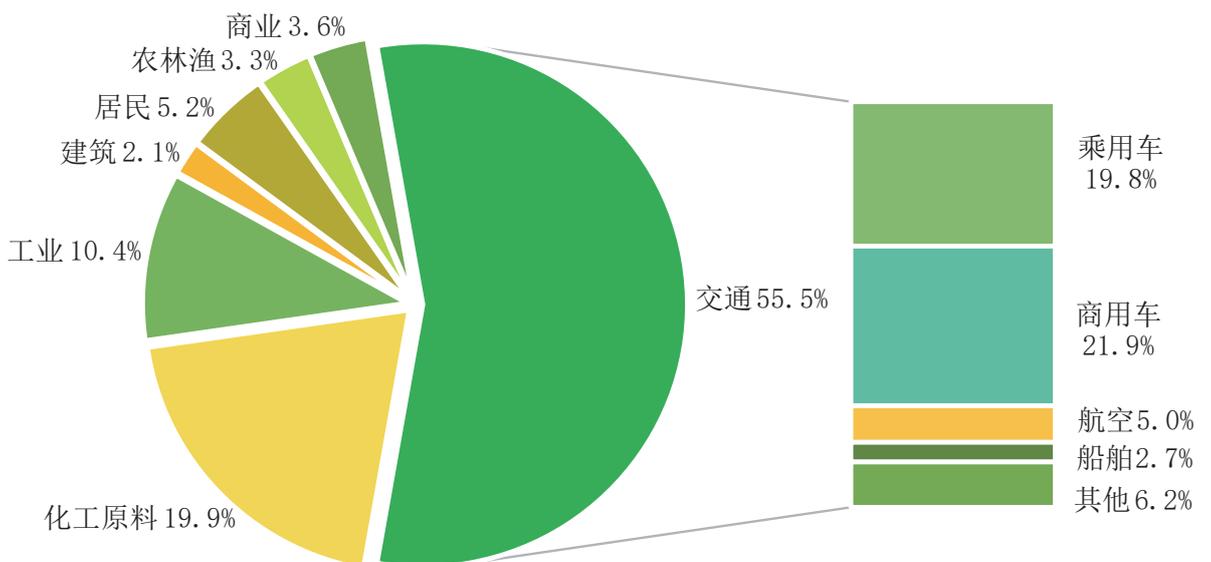
2. 中国汽车石油消耗情况

2018年中国石油表观消费量为6.25亿吨，已超过美国成为世界最大的原油进口国，石油对外依存度升至70.9%⁶⁰（图11）。乘用车、商用车石油消耗占比超过40%（图12），而在成品油消费结构中，车用汽油、柴油的燃料消耗量共计2.32亿吨，占社会汽、柴油表观消费总量的81.4%⁶¹。



数据来源：中石油经济技术研究院。

图 11 中国石油消费总量及对外依存度 (2010-2018)



数据来源：iCET 基于中石油经济技术研究院、中国汽车技术研究中心及国家统计局整理。

图 12 中国石油消耗结构示意图 (2017 年)

2.2 中国汽车未来需求发展分析

1. 汽车产业发展需求及趋势

汽车产业是中国经济发展的重要支柱，也是加速城镇化进程以及人民对美好生活向往的重要需求，这些因素使得该产业未来将保持良好发展态势。中国石油进口依存度高，汽车增长所带来的环境问题日益严峻，汽车尾气排放已成为城市重要的污染源之一。这一客观条件要求汽车行业必须朝低碳、节能、清洁化方向发展；同时，随着城市化进程的加快，汽车保有量不断增多，交通拥堵以及安全等问题也逐渐凸显，部分城市正采取行政命令手段加以管控，并应用共享出行、智能网络等信息化手段作为辅助。《中国制造 2025》指出了汽车产业发展的三大方向是低碳化、信息化和智能化，而目前汽车行业正逐渐形成了“新四化”发展趋势，即电动化、智能化、网联化、共享化。

2. 乘用车发展需求分析

乘用车的需求主要由经济发展、人口密度及家庭人口数量、城市化进程以及汽车在交通出行中的比例等多因素共同确定。但从乘用车饱和的国际发达国家及城市经验来看，千人保有量是一个重要的衡量依据，它与人均 GDP 具有直接相关性。2018 年中国乘用车千人保有量约 160 辆⁶²，发达国家饱和水平约千人保有 500-600 辆。随着中国二胎政策的放开，可以判断未来中国乘用车发展仍将有一定的增长空间。根据中国汽车工程学会⁶³、中国汽车技术研究中心、清华大学等机构的预测⁷²，中国乘用车未来千人保有饱和值在 300-400 辆 / 千人之间。

在车型方面，由于人们对 SUV 的偏爱使得 SUV 车型在中短期内比例会上升，但随着国家油耗标准不断严格以及国家对紧凑型车辆的政策倾向日益明显，从中长期看，乘用车回归至中小型化应是必要的趋势。

3. 商用车发展需求分析

商用车的产销量主要和经济发展水平相关联。随着中国经济结构从粗放型到集约型的转变，消费方式也从物质型向服务型变化，2010 年以后商用车的销量比较稳定，均保持在每年 300-400 万辆左右。据此可以判断随着中国经济发展，货车会有所增长，但随着城市限行以及油耗和排放标准的不断加严，加上货运“公转铁”的调整战略，货车增速将非常低。另一方面，中国客运市场基本饱和，目前已经处于负增长阶段，交通部对客运实施调控战略则是以控制数量和提高运力为主。因此，中心城市道路客运班线

将向周边发展，实现客运公交化。因而总体而言，客车数量增长幅度有限。

4. 共享化与智能化对汽车需求的影响

在电动化的进程中，汽车共享化与智能化将伴随左右，也将直接影响人们对汽车的需求和购买意愿。贝恩咨询在 2017 年进行了一项消费者调查⁶⁴，结果显示促使消费者选择共享出行的最大原因在于道路交通拥堵和停车不便。共享出行可以极大地提高车辆运行效率，同时也可以减少因道路停车而被占用的时间；而车辆的智能化则可以通过统一的算法调度对路况进行优化，这将大大节省在道路上花费的时间。波士顿咨询的一份研究也印证了这一观点⁶⁵，该机构基于模型进行了定量计算，认为 2021 年中国市场约有 1.2% 的私家车需求将会因共享而抑制，而欧洲和美国分别为 1.3% 和 0.3%。影响中国消费者放弃购买私家车的最大原因在于限购限行、交通拥堵和较高的养护和运行费用，在超大城市，网约车和共享汽车在一定程度上抑制了部分汽车需求，而三四线城市，短期内影响还不足以显现，中长期来看，共享化与智能化将对汽车需求将产生影响。中国汽车技术研究中心数据中心大胆预测 2050 年自动驾驶与共享可导致千人汽车保有量从 350 辆/千人下降到 190 辆/千人⁶⁶。

2.3 中国汽车未来技术趋势及市场分析

1. 乘用车未来技术发展及市场分析

乘用车领域越来越严格的油耗标准，逼迫企业通过大幅提高混合动力比例、应用先进节能技术降低油耗或者发展新能源汽车来达到国家标准。由于续航里程 500km 以下氢燃料电池乘用车成本远高于纯电动汽车，因此受成本与国家政策导向双重的影响，乘用车领域未来仍将以纯电动汽车为主，纯电乘用车比例将逐年增加。根据国家现有规划，预计 2030 年这一比例能够达到 35-40%。此外，为了实现 2020-2030 年严苛的油耗要求，在电动汽车技术成熟度、成本竞争力优势和市场接受度还不足时，企业还将在 2030 年前大幅度提高混合动力及 48V 微混技术等节能技术应用比例，传统燃油车将逐渐混合动力化，各类型（轻、中、高混）HEV 占比可能将达 30-40%。根据多家权威

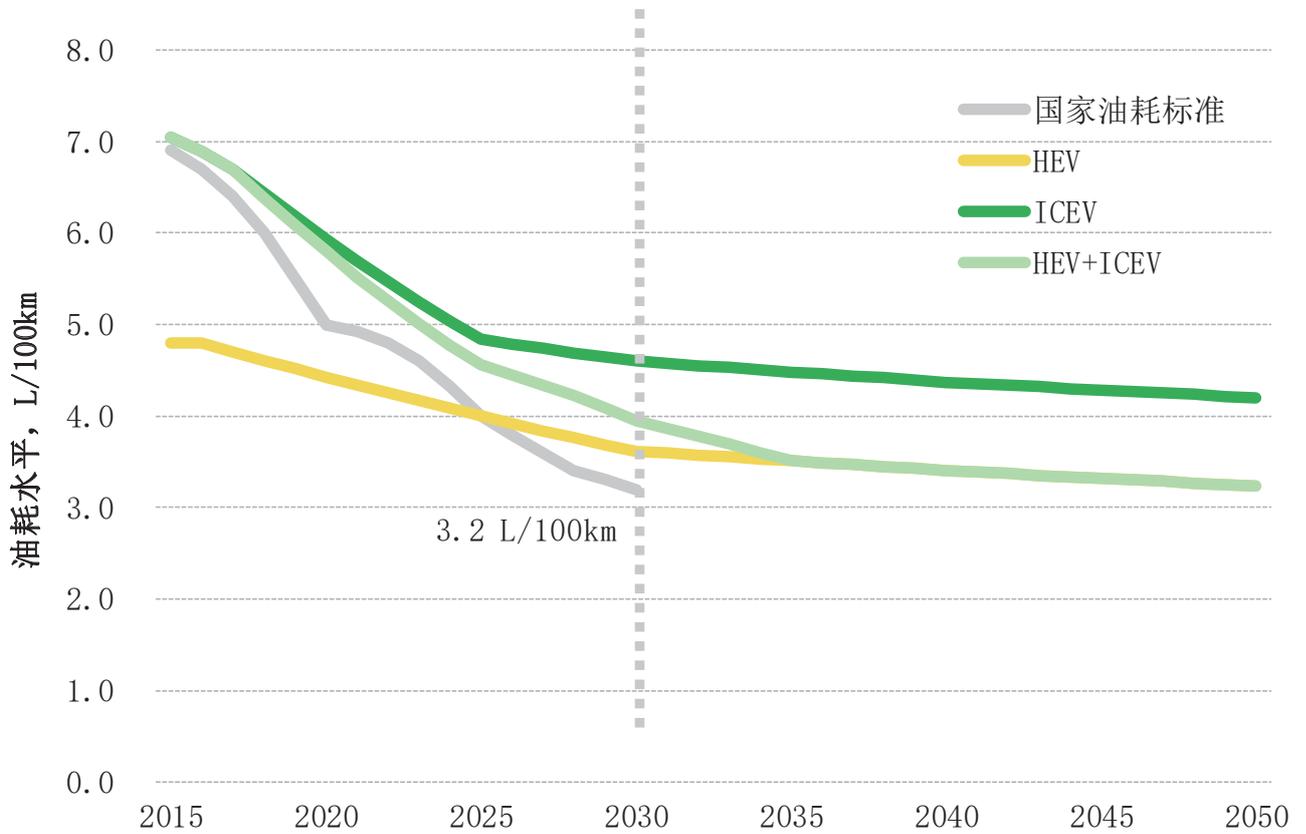


机构^{65,67}预测 2025-2030 年左右电动汽车成本将与传统燃油汽车平衡，2035-2040 年以后，受成本影响，HEV 的市场份额将被 BEV 逐步替代，比例将逐年降低。出租车由于受政策主导主要以纯电替代外，还将保留一部分 CNG 能源汽车。根据节能与新能源汽车技术路线图，乘用车主要节能规划见表 8。

表 8 中国乘用车各个阶段节能发展路线

节能领域	2020	2025	2030
油耗目标 (L/100 km)	5.0	4.0	3.2
紧凑型以下车型占比 (%)	55	60	70
提高混合动力汽车比例 (%)	8	20	25
提到汽油热效率 (%)	40	44	48
提高替代燃料汽车比例 (%)	3	6	8

图 13 显示了使用内燃机的乘用车型 2015-2050 年新车工况油耗水平，在考虑新能源汽车优惠核算情况下，到 2030 年乘用车新车工况油耗需达到 3.2 L/100km。根据本研究分析，在油耗标准的驱动下，到 2035 年之后，随着混合动力技术在乘用车领域的广泛应用，HEV 单车油耗线与 (ICE+HEV) 单车油耗线重叠，意味着这一阶段乘用车均要搭载混合动力技术，传统单纯的内燃机汽车将退出市场。



注：灰色线国家油耗标准是包含电动汽车车队。

ICE+HEV 是指包含传统燃油车和常规混合动力车的一类使用内燃机车辆的总和。

图 13 2015-2050 年乘用车新车工况油耗水平发展

2. 商用车未来技术发展及市场分析

在商业客车电动化方面，公交电动化先行，2017 年新增及更换的近 10 万辆公交车中 BEV 和 PHEV 已经占到了 86%，新能源公交车保有量约占 40%⁶⁸，且 BEV 比例在逐年增加，2020-2022 年左右新增和替换的公交基本能够全面实现电动化。其他类型的客车也预计在 2025 年以后逐步应用混合动力、纯电、燃料电池等技术，到 2030 年中大型客车非传统燃油汽车（含 HEV、PHEV、BEV、NGV 及 FCV）可占到 35-40% 的比例，同时该比例将会逐年增加。

在商用货车方面，中小型货车，尤其是城市物流车和专用车，其电动化速度将快于中重型货车。在“蓝天保卫战”计划中，2020 年重点区域要求物流车、邮政环卫专用



车的新能源比例达到 80%，其他城市和区域估计 5-10 年内也可以实现。中重型货车则仍以混合动力、氢燃料电池为主，预计在 2035 年左右燃料电池技术可广泛在货车领域进行应用。在货车层面，替代燃料车型也会适度发展，比如天然气、生物燃料、甲醇等单种或多燃料混合动力。

3. 各机构中国新能源汽车渗透率发展预测

作为世界上增长速度最快的新兴市场，中国新能源汽车市场不断吸引着众多机构和研究者的目光。Bloomberg³⁵、ICCT³⁴、中国汽车工程学会（SAE）、中国汽车技术研究中心以及清华大学等研究机构的研究者均对中国新能源汽车市场的发展做出了预测。其中，ICCT 认为中国新能源汽车市场的发展将领先世界平均水平，同时将在 2045-2050 年左右实现全电动化；SAE 基于不同技术发展情景设定了高、中、低三种预测，乐观情景下，2050 年中国新能源汽车渗透率将达到 70%，悲观情景下渗透率也能达 50% 左右。清华大学 Ou 等⁶⁹ 在 2010 年预测 2050 年新能源汽车渗透率为 40%，而 Wu 等⁷⁰ 认为在乐观情景下，2030 年时该比例就将达到约 80%。中国汽车技术研究中心也预测到 2050 年 NEV 市场占比将达 70%⁶⁵（如图 14）。

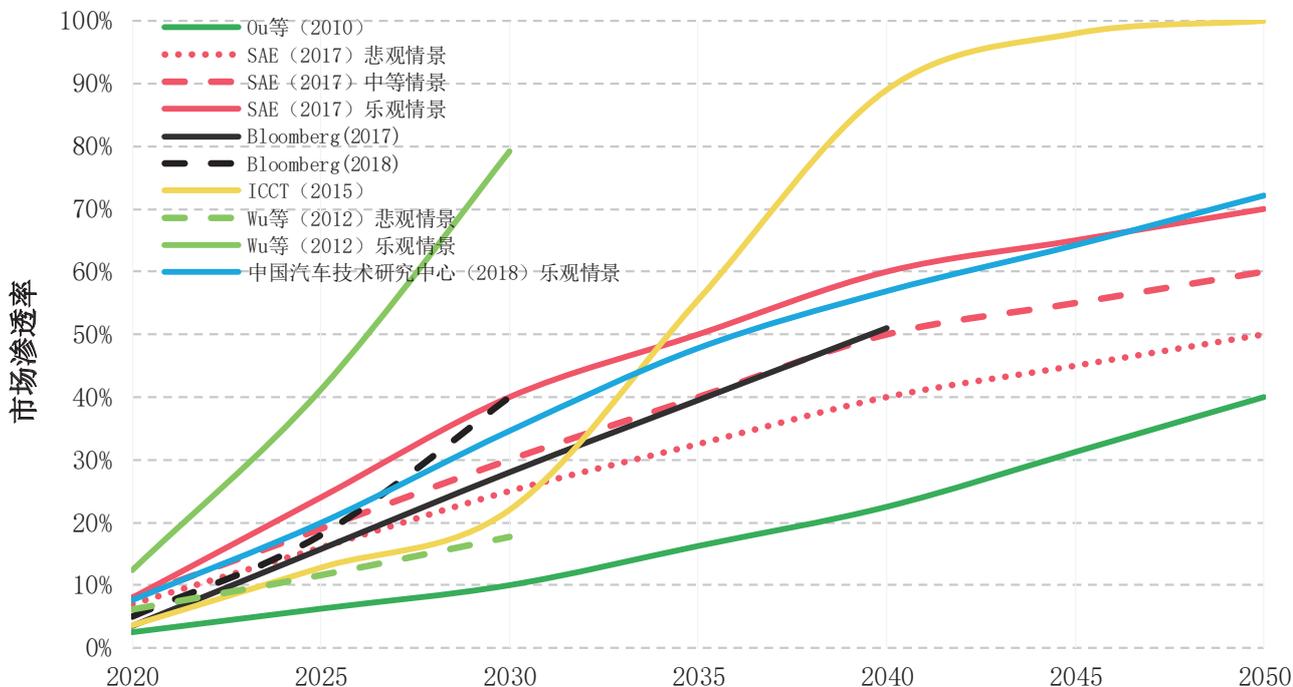


图 14 部分研究对新能源汽车渗透率增长的相关预测

2.4 中国汽车产业基础设施发展趋势分析

截至 2018 年底，中国充电基础设施总量达到 76 万个，较 2017 年增加 32 万个。其中公共桩 30 万个，专用桩 46 万个⁷¹。未来随着电动汽车市场占有率的增大，用电量也将大幅增加。比如，上海预计 2030 年电动汽车充电需求量将占当年全市用电量的 7-11%⁷²，这对电网负荷和充电基础设施提出了更高的要求。随着电动汽车从大中型城市向小城市普及，预计将在 2025 年基本建成全国的充电服务网络，2030 年将进一步完善充电网络，包括在私人 and 企事业单位安装常规的充电设施，在专用的公交场站以及高速公路等场合安装大功率的充电设施以满足特殊行业的车辆运营需求，在城市公共区域使用常规充电与大功率相结合的方式布局充电设施。同时，充电技术也将不断升级，无线充电等技术的突破应用将更好地服务于电动汽车的发展。当然这其中，不管是技术，还是土地利用，电网容量等都存在很大的不确定性。

分布式可再生能源是基于用户端的能源供应方式，可以独立运行，也可以并网运行，具有能效高、全生命周期污染少、环境效益高等特点，但目前受成本高等多方面制约，利用率不高。而电动汽车作为移动性点充式能源利用方式，可“就地取材”来利用分布式能源，一来提高了分布式能源的利用率，二来降低了对电动汽车对电网负荷的需求，相得益彰。

2.5 中国汽车产业发展相关规划

中国在多个政策文件(如《节能与新能源汽车产业发展规划》、《中国制造 2025》、《汽车产业中长期发展规划》)中对 2020 年、2025 年中国汽车产业发展进行了规划与目标设定；此外，由中国汽车工程学会牵头组织的节能与新能源汽车技术路线图战略咨询委员会超过 500 位专家制定的《节能与新能源汽车技术路线图》(下称“路线图”)设定了至 2030 年的技术路线目标。因此，本节 2020、2025 目标基于政策规划文件，2030 年目标则参考“路线图”。

1. 汽车发展总量规划

2017年发布的《汽车产业中长期发展规划》，确定了中国汽车销量在2020年将达到3000万辆左右，到2025年将达到3500万辆左右；在“路线图”中提到的目标为2030年达到3800万辆。

表 9 中国汽车总量规划（2020-2030年）

规划年份	2020年	2025年	2030年
汽车总量（万辆）	3000	3500	3800

2. 新能源汽车发展规划

中国先后多个政策文件提到了新能源汽车发展目标。总体来说，文件确定了截至2020年新能源汽车总销量达到200万辆，到2025年达到500-700万辆，到2030年达到1500万辆以上的目标，占比分别为6-7%，15-20%，以及40%以上。

表 10 中国新能源汽车发展规划（2020-2030年）

规划年份	2020年	2025年	2030年
BEV与PHEV销量（万辆）	200	500-700	>1500
FCV销量（万辆）	0.5	5	100
NEV占比（%）	6-7	15-20	>40

3. 节能汽车发展规划

2020年，乘用车（含新能源乘用车优惠核算）新车整体油耗降至5升/百公里，2025年降至4升/百公里，到2030年达到3.2升/百公里，在“路线图”中同时还对节能汽车的销量占比提出了要求。其中，节能汽车是指发动机排量在1.6升及以下，或综合工况油耗比现行标准低20%左右的汽油、柴油乘用车（含混合动力和双燃料汽车）。

表 11 乘用车节能发展规划（2020-2030 年）

规划年份	2020 年	2025 年	2030 年
乘用车新车油耗目标 (L/100km)	5.0	4.0	3.2
节能汽车销量占比 (%)	30	40	50

对于商用车，国家提出到 2020 年其能耗应当接近国际先进水平，2025 年达到国际领先水平；而“路线图”提出了商用车能耗至 2020、2025、2030 年较 2015 年累计下降 10%、15% 以及 20% 的目标。

表 12 商用车节能发展规划（2020-2030 年）

规划年份	2020 年	2025 年	2030 年
商用车新车燃料消耗量 较 2015 年累计下降 (%)	10	15	20

4. 智能网联汽车发展规划

此外，对于智能网联汽车，国家提出到 2020 年，汽车驾驶辅助（DA）、部分自动驾驶（PA）、有条件自动驾驶（CA）系统新车装配率超过 50%，网联式驾驶辅助系统装配率达到 10%，满足智慧交通城市建设需求。到 2025 年，汽车 DA、PA、CA 新车装配率达 80%，其中 PA、CA 级新车装配率达 25%，高度 / 完全自动驾驶汽车开始进入市场。

5. 替代燃料发展规划

“路线图”同时也对替代燃料车型销量占比做了要求，分别为 2020 年 3%，2025 年 6%，2030 年 8%。

3

中国传统燃油车退出
“2050 未来情景”分析

3.1 中国汽车行业石油消耗模型构建

通过对全球汽车产业技术及市场发展的梳理，以及汽车产业发展的历史数据及未来趋势预判，并基于中国新能源汽车发展规划，构建了中国汽车产业发展与油耗模型。

1. 模型边界

本研究涉及汽车类型分为两大类：乘用车和商用车（后者包括客、货车）。其中，考虑到年行驶里程差异情况，乘用车又分为出租及网约租赁车、公务车和私家车三大组成部分。客车方面，按照车身大小、行驶里程和单车油耗差异，分为大、中和轻型客车，由于公交车在用途上具有特殊性，在计算单车油耗时单独考虑；货车与此类似，下含重、中、轻、微型货车四部分，如图 15 所示。

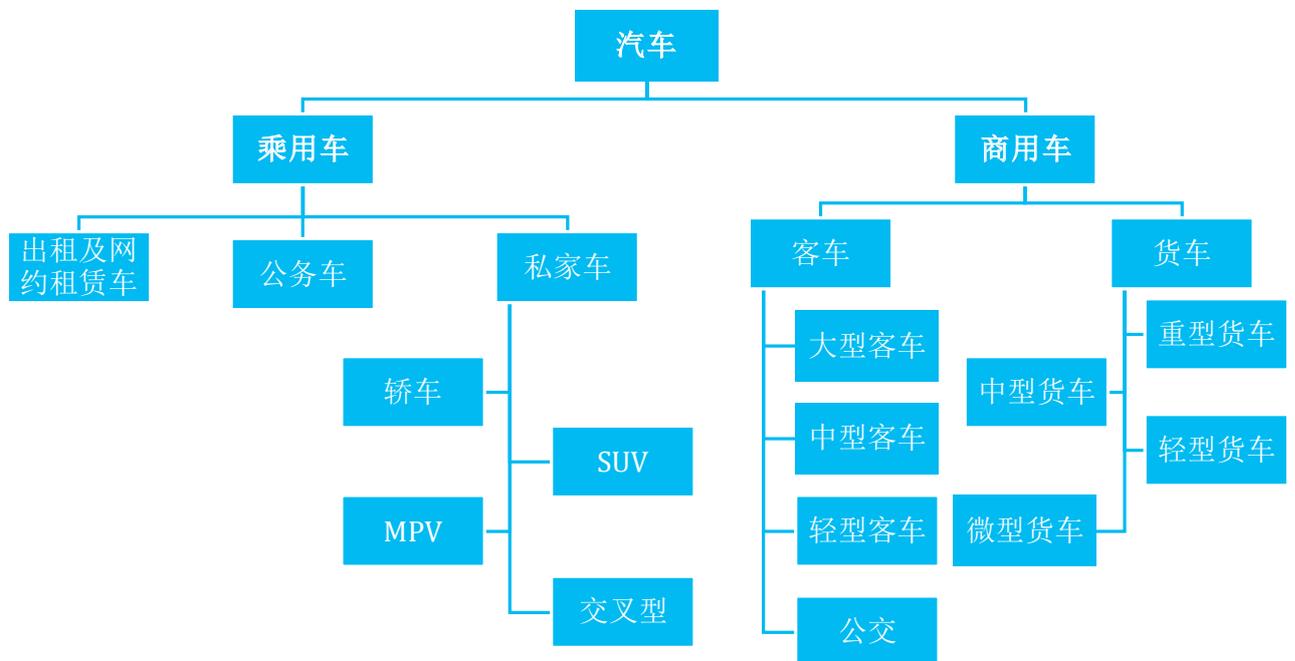


图 15 模型中汽车分类情况一览表



其中,对商用车划分的标准包括车辆总质量和车身长度,具体如图 16 划分依据所示。

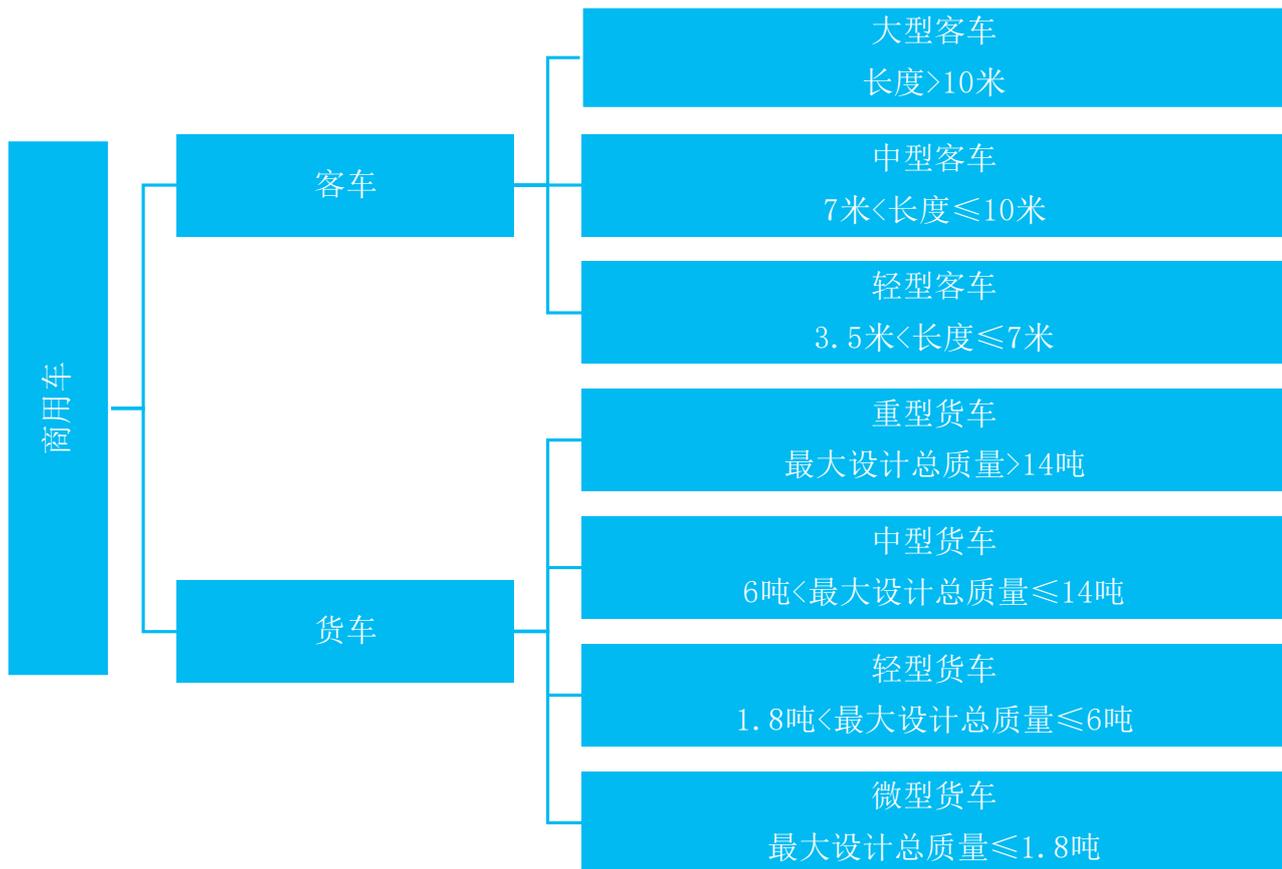


图 16 商用车小类划分依据

汽车类型包括传统燃油车和多种替代能源汽车（如图 17 所示），其中，混合动力是指含有两套动力系统的所有车型（包括强混、中混和弱混），而如应用 48V/ 自动启停等节能技术的车辆在模型中仍被定义为传统燃油车。

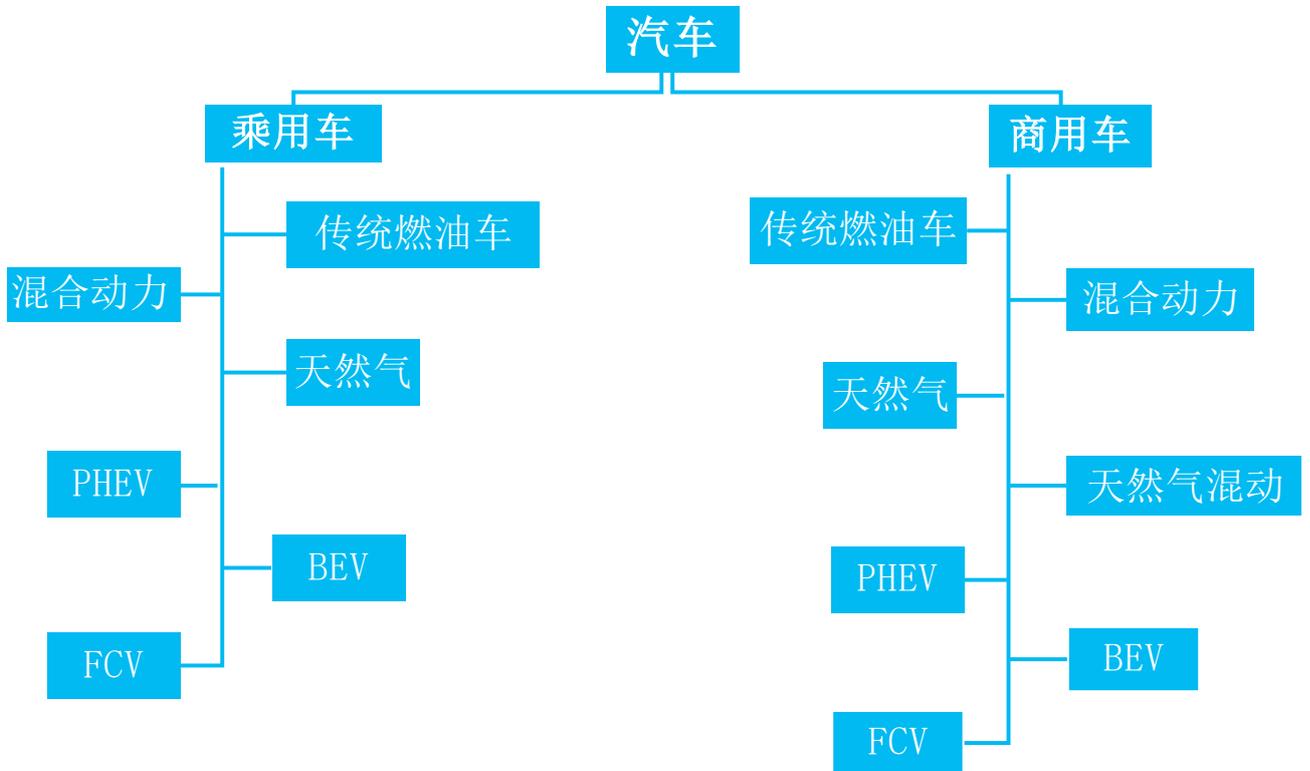


图 17 模型中各燃料类型汽车

2. 模型框架与结构

影响汽车行业能源消耗总量的因素包括车辆总保有量水平及各类车型保有量占比、各类车型单车能耗水平、各类车型平均活动水平（VKT）及替代车型渗透率。建立汽车能源消耗与排放分析模型的目的在于，将上述各大影响因素统筹考虑，通过分析历史数据和预测中长期行业发展情形，确定在传统燃油汽车退出情景下相应的石油消耗量水平。

车用能源消耗量研究模型框架如图 18 所示。在该模型基础上，通过分析历史数据和预测中长期行业发展情形，可绘制出中国汽车行业能源消耗量图，并通过调整不同情景因素的设置，判断整体能源消耗量走势。

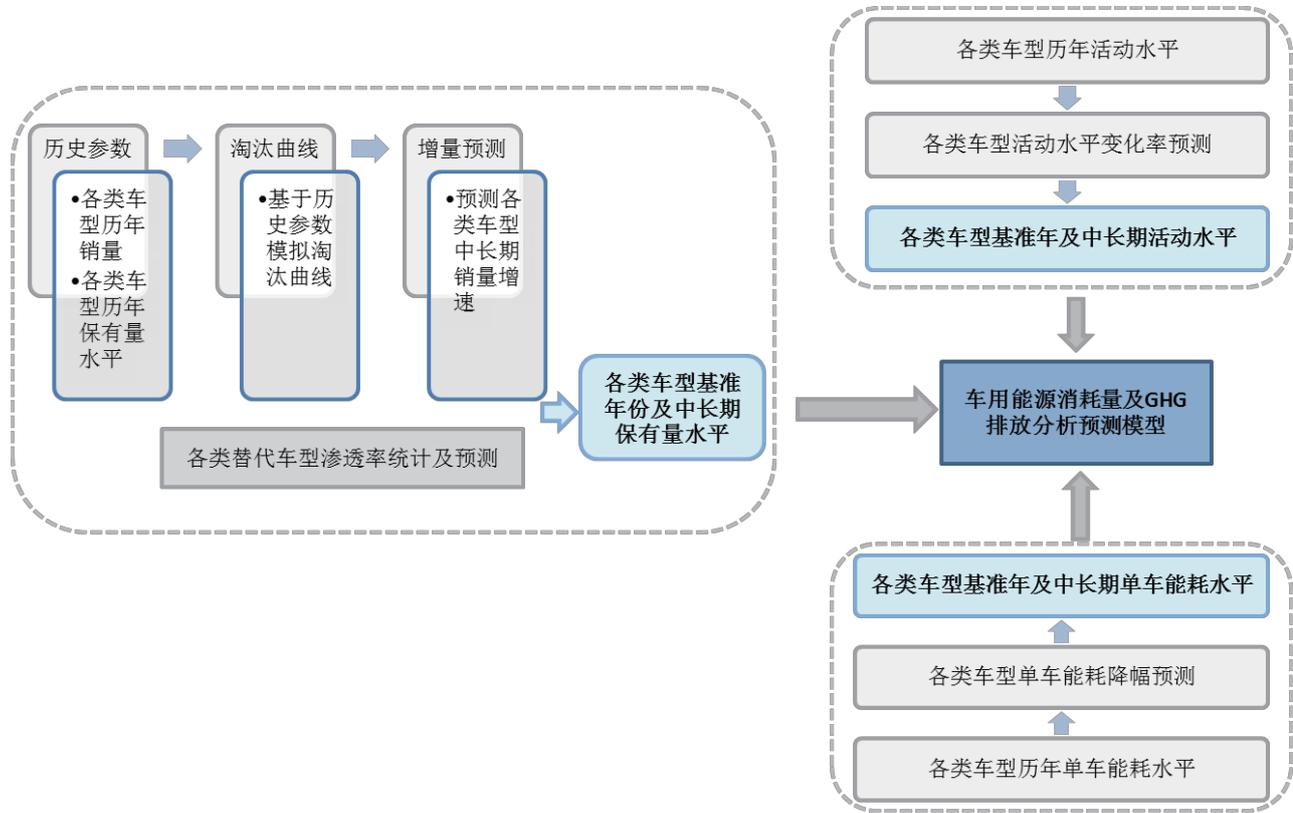


图 18 车用能源消耗量及 GHGs 排放分析预测模型框架

(1) 车用能源消耗量计算模型

综合考虑数据可及性及相关研究机构模型⁷³，本研究中采用的车用能源消耗量计算方法为：“车辆保有量 × 燃料经济性指标 × 年行驶里程”。

首先，基于情景参数设定，将汽车保有结构按照研究边界中设定的种类和车龄进行划分，此时涉及汽车历史保有量、历史销量及未来销量预测、各替代车型各时间段销量占比情况、各车龄车型残存率等参数；其次，按照下面公式进行能源消耗量计算。本研究中，最终能源形式分为汽油、柴油、天然气、电能、氢能和生物燃料六类。

$$Energy_i = \sum_{j=1}^n (VS_{i,j} \times AFE_{i,j} \times VKT_{i,j} \times Den_{i,j}) \quad (3-1)$$

$$AFE_{i,j} = \frac{\sum_{k=0}^y (Sales_{i-k,j} \times SR_{k,j} \times FE_{i,j,k})}{VS_{i,j}} \quad (3-2)$$

其中:

i 表示年份;

j 表示车辆种类;

n 表示车种数量;

k 表示车龄;

γ 表示车辆可能达到的最大车龄;

$Energy_i$ 表示 i 年份车用能源消耗总量 (kg);

$VS_{i,j}$ 表示 i 年份 j 类车的保有量 (单位: 辆);

$AFE_{i,j}$ 表示 i 年份 j 类车的平均燃料经济性 (单位: 汽柴油为 L/100km, NG 为 $m^3/100km$, 电能为 kWh/100km, 氢能为 kg/100km);

$VKT_{i,j}$ 表示 i 年份 j 类车的年均行驶里程 (km);

$Den_{i,j}$ 表示 i 年份 j 类车的能源密度 (kg/L) (汽油取 0.73, 柴油取 0.84) 或 (kg/ m^3) (NG 取 0.7174);

$Sales_{i-k,j}$ 表示 (i-k) 年时 j 类车的销量 (单位: 辆);

$SR_{k,j}$ 表示 j 类车在 k 年的残存率;

$FE_{i,k,j}$ 表示 i 年份 j 类车在 (i-k) 年的燃油经济性。

对于电能驱动的车辆, 公式 (3-1) 可写成:

$$Energy_i = \sum_{j=1}^n (VS_{i,j} \times AFE_{i,j} \times VKT_{i,j} \times \alpha_i) \quad (3-3)$$

其中,

α_i 表示 i 年份电能与标准油的转换系数 (kg/kWh) (模型中取 0.08176)。

对于燃料电池汽车, 公式 (3-1) 可简化为:

$$Energy_i = \sum_{j=1}^n (VS_{i,j} \times AFE_{i,j} \times VKT_{i,j}) \quad (3-4)$$

(2) 车辆残存率曲线

车辆残存率是预测未来汽车保有结构的重要参数。由于各类车型历史注册量数据获取困难，本研究中采用已有文献对中国汽车残存率的研究模型⁷⁴，按照下面的残存率模型公式对乘用车、客车和货车残存率进行分析。

$$SR_{i,m}(t) = \frac{SP_{i,m}(t)}{RP_{i,m}} = \exp\left(-\left(\frac{t}{T_{i,m}}\right)^{k_{i,m}}\right) \quad (3-5)$$

其中：

$SR_{i,m}(t)$ 表示 i 年份 m 类车在 t 车龄时的残存率；

$SP_{i,m}(t)$ 表示 i 年份 m 类车在 t 车龄时的残存数量（单位：辆）；

$RP_{i,m}$ 表示 i 年份 m 类车的注册总量（单位：辆）；

$T_{i,m}$ 和 $k_{i,m}$ 为车型特征参数（本研究中，对乘用车， $T_{i,m}$ 和 $k_{i,m}$ 分别取 **14** 和 **4**；对客车，分别取 **7** 和 **4**；由于缺乏数据支撑，默认货车与客车的残存曲线一致）。

由残存率曲线可以看出，中国乘用车结构具有低车龄高占比，残存率随车龄增长而下降较快的特点。车龄为 **10** 年的乘用车，其残存率尚能达到 **77%**，车龄为 **15** 年的乘用车，其残存率则仅有 **27%**。商用车往往具有残存率高、运营强度高特点，认为其车辆残存率曲线更陡，即高车龄车辆存活率下降速度较乘用车更快，整体寿命更短，在车龄为 **10** 年时，残存率仅为 **2%**。

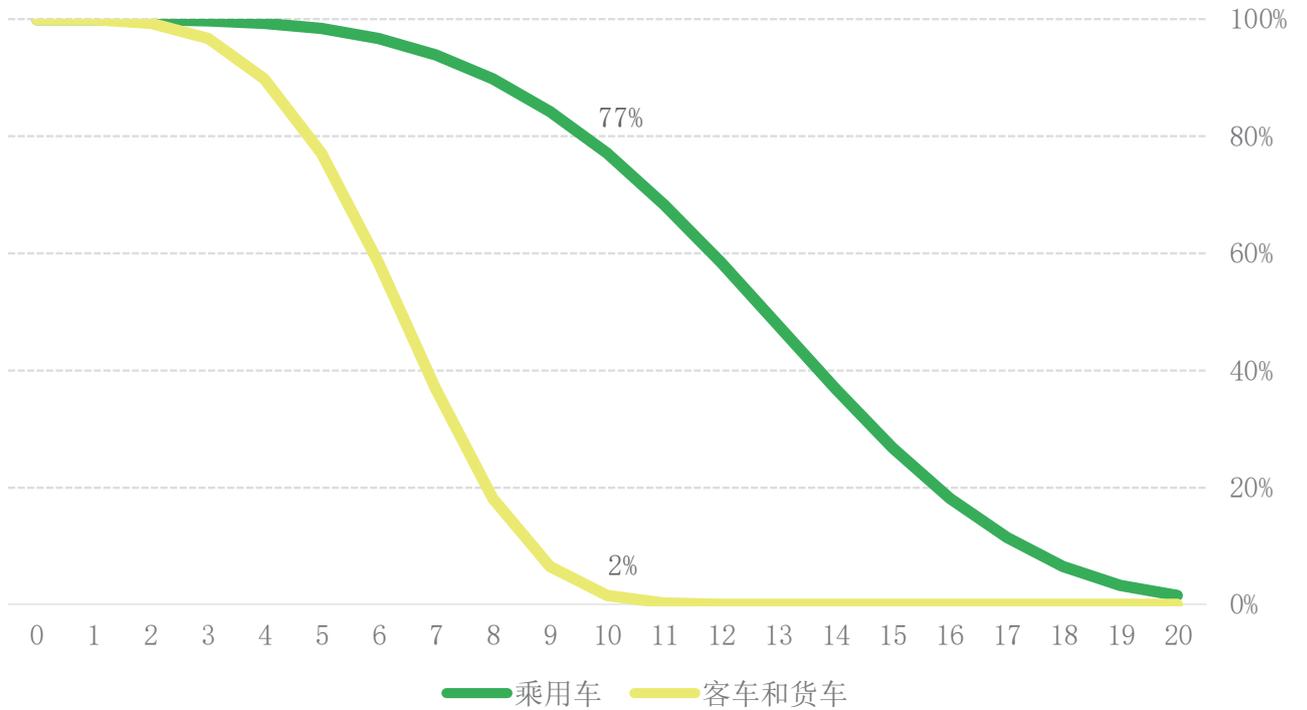


图 19 乘用车、客车和货车残存率曲线

3.2 中国传统燃油车退出“2050 未来情景”设立

本模型中 2000-2016 年汽车销量、行驶里程、实际油耗等参数基于历史数据输入，并设定 2016 年为汽车产业发展预测基准年，2017-2030 年为中期情景，其间涉及的汽车保有量水平、增量水平和新能源汽车渗透情况主要按照国家已有目标来确定。2031-2050 年由于国家尚未设定具体发展目标，本研究将基于政策惯性、专家访谈、所作调研进行判断。在此基础上，拟合传统燃油汽车退出路线图，以及石油消费 2℃ 温控情景，最终以 2040、2050 年汽车行业油耗较峰值分别下降 55%、80% 作为传统燃油车退出的“2050 未来情景”的依据。



1. 汽车市场及保有量发展预测

(1) 乘用车市场发展

中国乘用车市场经历了 21 世纪前十年飞跃式的增长，2010 年以后乘用车销量增幅稳中见缓。2018 年国内乘用车市场出现近 20 年来首次负增长，总产量 2352.94 万辆，同比下降 5.15%⁷⁵。本模型中根据销量增长速率曲线拟合得出 2020 年、2030 年、2040 年、2050 年的销量分别大约为 2800 万辆、3500 万辆、3900 万辆、4000 万辆。基于乘用车市场发展情景和模型结构中设定的乘用车残存率曲线，计算得到 2015-2050 年乘用车保有量趋势，如图 20 所示。与发达国家汽车保有量发展趋势类似，模型预测结果显示，未来中国乘用车保有量将以“S”型曲线发展，保有量在 2050 年达到饱和值 5 亿辆左右，千人保有量约 370 辆 / 千人。

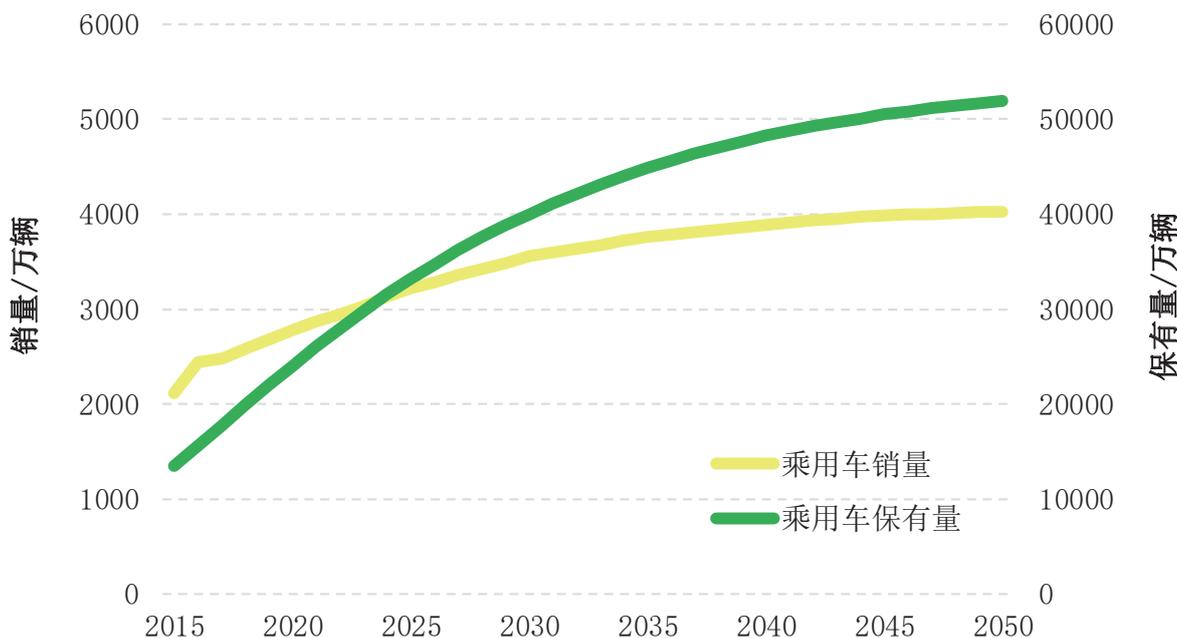


图 20 2015-2050 年乘用车销量与保有量发展情景预测

(2) 商用车市场发展

未来货车销量将呈现极为缓慢的增长趋势，总保有量也将维持基本稳定，以满足社会发展需要。基于本研究模型参数设定，2015-2050 年货车市场发展趋势如图 21 所示，

2040年之后，货车销量基本维持在310万辆左右。保有量方面，2030年以后基本达到饱和值2130万辆，后续年份货车保有量变化不大。

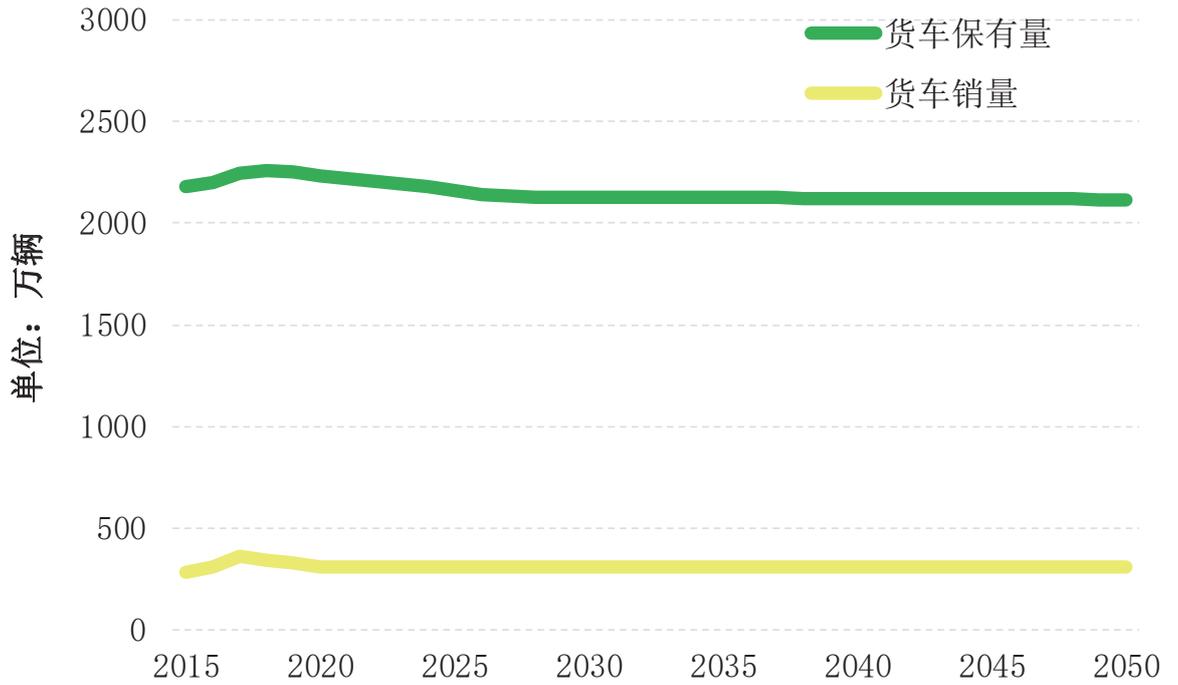


图 21 2015-2050 年货车销量与保有量发展情景预测

由于私家车保有量的快速增加和高铁、飞机等迅捷载客方式的普及，客车销量将呈现一定程度的负增长。但由于中国人口基数大，出行需求仍在不断提升。预计在相当长时间内，客车保有量仍将处于动态平衡状态。本研究基于上述背景设定了模型中客车销量变化趋势，得到如图 22 的客车市场发展情景。2020-2050 年，中国客车年销量将稳定在 50 万辆左右。

客车保有量结果显示，2020 年左右客车保有量出现一个峰值，这得益于 2013-2015 年间客车销量较大幅度的增长。但 2030 年后，客车保有量基本维持在 335 万辆左右。

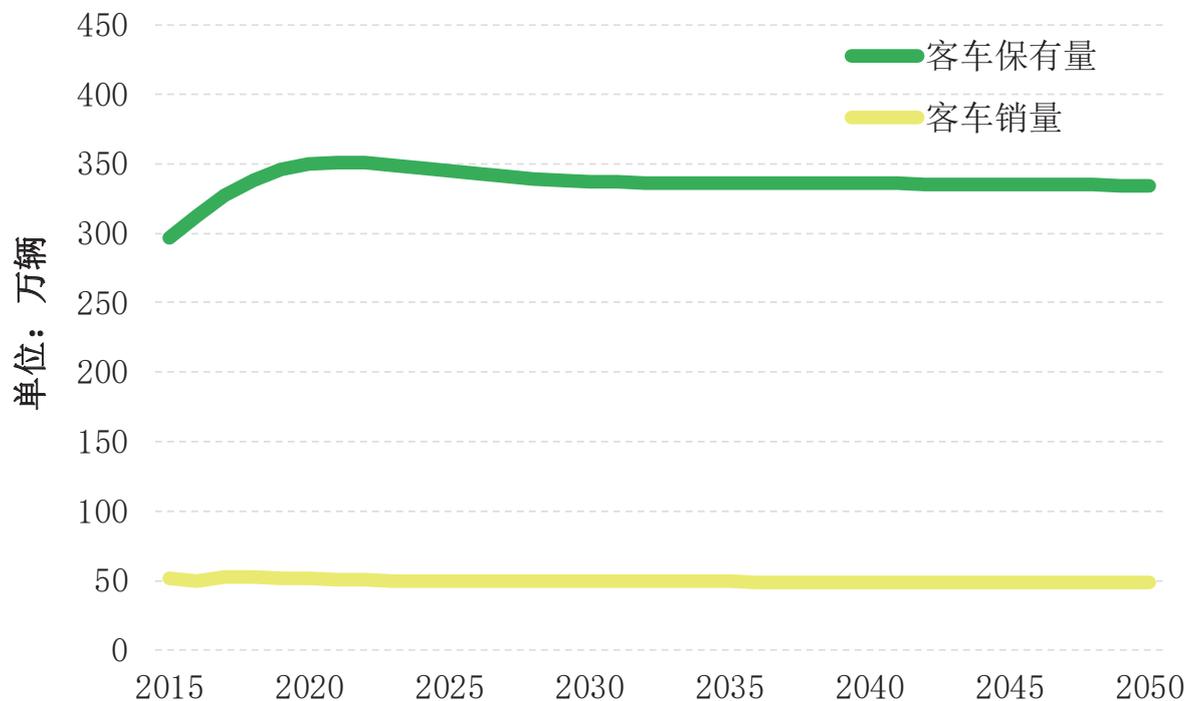


图 22 2015-2050 年客车销量与保有量发展情景预测

2. 各类汽车油耗发展趋势预测

(1) 乘用车油耗趋势

根据中国汽车工程研究院对汽车节能潜力的测算⁷⁶，传统燃油车未来至少仍有 35-40% 的节油潜力，其中先进的发动机技术，节油可超过 10%；先进的变速器，节油潜力超过 6%；采用先进的电子电器（如能量回收系统、自动启停等），可节油至少 15%；低摩擦技术（如采用低风阻设计和低滚阻轮胎）可节油至少 8%；轻量化车身技术还可节油至少 5%。

目前国家油耗目标根据新能源汽车优惠核算的基础进行提出，比如 2016-2020 年四阶段乘用车油耗标准中，对企业产量加权平均进行油耗核算时，NEV 的产量按照 5 倍、3 倍、2 倍放大，2020-2025 年，NEV 优惠核算中产量倍数有所下降，但仍在 1-2 倍之间，而能耗则按照零计算⁷⁷。

2030 年之前的乘用车油耗标准与目标有明确要求。因此，在未来情景设定中，

2017-2030 年的乘用车油耗根据国家目标和新能源汽车优惠核算进行拆解，设定合理的油耗下降幅度，以达到国家目标。2030 年之后，由于国家尚未明确油耗目标，从技术与成本出发，充分考虑内燃机油耗改善幅度与难度，确定单车油耗降幅，如表 13 所示。

表 13 搭载内燃机的乘用车型单车油耗降幅情景

时间段	2017-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
传统内燃机车 单车油耗降幅 (%)	-4.0	-4.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4
常规混合动力 单车油耗降幅 (%)	-2.0	-2.0	-2.0	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5

此外，多项研究表明⁷⁸⁻⁷⁹，实际道路油耗与工况油耗的差异在逐年增大，近年新车实际油耗与工况油耗年均差异达到 20-30% (图 23)，未来随着“中国工况”的引入，预计工况油耗与实际情况的差异将会降低⁸⁰。在模型中，将通过油耗差异校正因子对乘用车实际油耗进行校正。

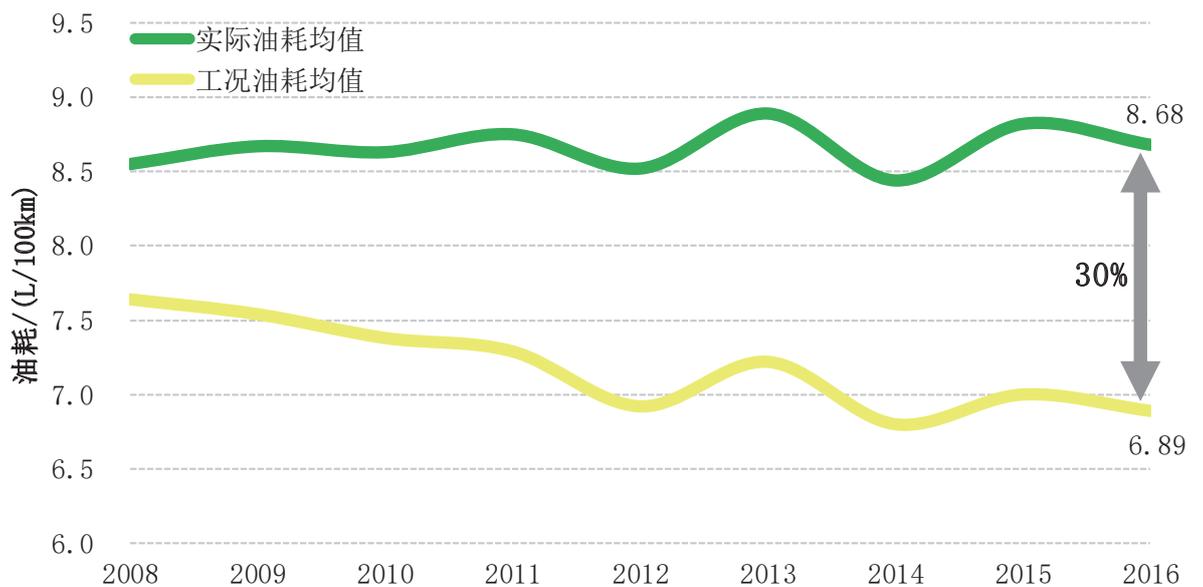
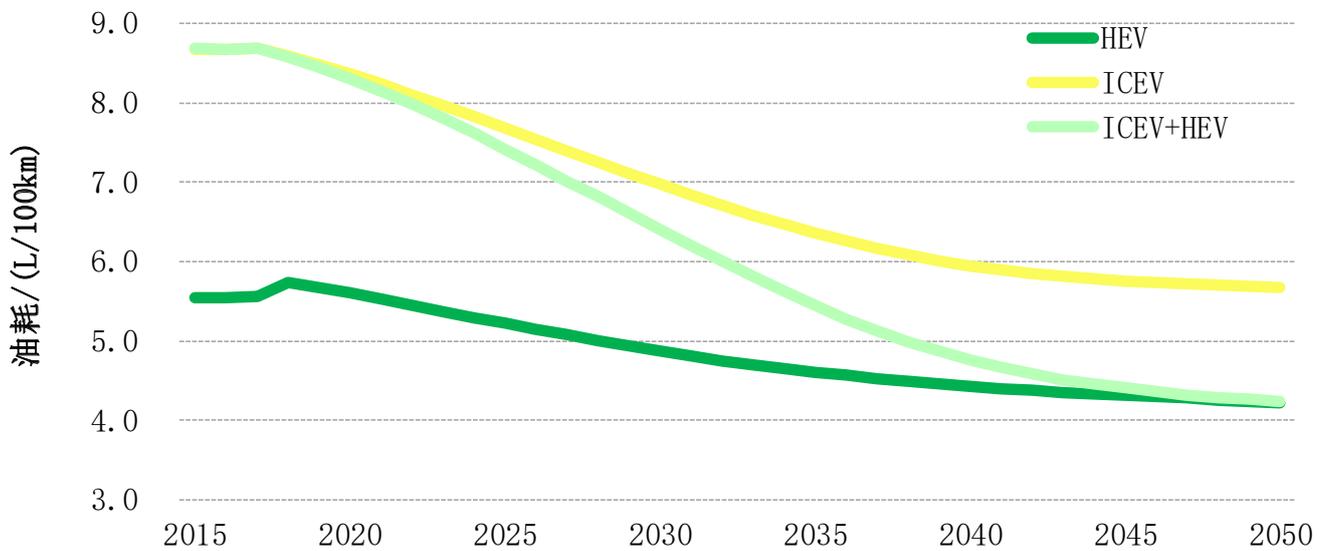


图 23 2008-2016 年款车型实际油耗与工况油耗均值变化趋势

采用公式（3-2）计算乘用车车队实际油耗水平发展趋势，结果如图 24 所示。2020 年之前，由于 HEV 保有量水平很低，（ICEV+HEV）车队实际油耗线与 ICEV 线基本重合。随着 HEV 销量增加，ICEV 在整体车队保有结构中占比逐渐降低，以致于 2045 年后，（ICEV+HEV）车队实际油耗线与 HEV 线交汇重合，即，此时乘用车保有结构中基本已经没有传统内燃机车型。



注：ICE+HEV 是指包含传统燃油车和常规混合动力车的一类使用内燃机车辆的总和。

图 24 2015-2050 年乘用车保有车队实际油耗水平

（2）商用车油耗趋势

在商用车节能方面，根据《节能与新能源汽车技术路线图》，主要节能路径包括以下几个方面：

（1）动力总成升级优化。2020、2025、2030 年提出了柴油机效率达到 50%，52%，55% 的要求；其中，2020 年重点发展小后桥速比，以实现高效传动；2025 年主要通过热管理与自动变速器来实现；2030 年通过朗肯循环等技术来实现。

（2）逐步发展混合动力。率先在轻型货车以及普通客车中应用，在中后期成本下降后，逐步从中型商用车向重型商用车推广。

（3）利用智能网联技术提升运行效率，以及其他方面有效手段的运用实施。

鉴于清华大学中国车用能源研究中心、中国汽车工程学会以及中国汽车技术研究中心^{63, 66}均已经基于市场对各类商用车油耗进行了调研，参考各机构结果并基于国家商用车油耗发展的目标，确定模型中各类汽车单车油耗，如表 14 所示：

表 14 各类商用车型传统内燃机车单车油耗水平预测

单位：L/100km

年份	大型 客车	中型 客车	轻型 客车	公交	重型 货车	中型 货车	轻型 货车	微型 货车
2015	24.2	19.0	11.2	28.1	38.1	22.0	9.7	7.6
2020	21.8	17.1	10.1	25.3	34.3	19.8	8.7	6.8
2030	19.4	15.2	9.0	23.1	30.5	17.6	7.8	6.1
2040	18.9	14.8	8.6	22.3	28.2	17.2	7.4	5.8
2050	18.5	14.6	8.4	21.5	28.0	17.0	7.1	5.6

其中，在乘用车领域，混合动力技术的应用最低可使单车油耗下降 20% 左右，本研究认为在商用车领域这一节能潜力依然能够实现。因此，各类商用车传统内燃机车型对应的 HEV 替代车型油耗设定为传统内燃机车单车油耗的 80%。

表 15 天然气商用车单车燃料经济性水平预测

单位：m³/100km

年份	大型 客车	中型 客车	轻型 客车	公交	重型 货车	中型 货车	轻型 货车	微型 货车
2015	44.0	17.6	10.5	44.0	44.0	26.6	21.6	15.4
2020	40.0	16.0	9.4	40.0	40.0	24.0	19.0	14.2
2030	36.0	14.0	9.0	36.0	36.0	22.0	18.0	13.4
2040	32.0	13.0	8.6	32.0	32.0	19.0	16.0	12.5
2050	29.0	12.0	8.2	29.0	29.0	17.0	14.0	12.0

表 16 纯电动商用车单车燃料经济性水平预测

单位: kWh/100km

年份	大型 客车	中型 客车	轻型 客车	公交	重型 货车	中型 货车	轻型 货车	微型 货车
2015	120.0	100.0	15.0	120.0	130.0	107.0	110.0	14.8
2020	144.0	120.0	18.0	144.0	150.0	125.0	132.0	18.5
2030	140.0	116.0	17.0	140.0	146.0	119.0	128.0	17.4
2040	135.0	110.0	15.6	135.0	140.0	113.0	123.0	16.0
2050	128.0	100.0	14.4	128.0	132.0	106.0	114.0	15.2

表 17 氢燃料商用车单车燃料经济性水平预测

单位: kg/100km

年份	大型 客车	中型 客车	轻型 客车	公交	重型 货车	中型 货车	轻型 货车	微型 货车
2015	8.5	5.1	1.2	8.5	8.5	7.7	3.7	2.6
2020	7.0	4.2	1.0	7.0	7.0	7.0	3.1	2.0
2030	6.0	3.6	1.0	6.0	6.0	5.4	2.4	1.7
2040	6.0	3.6	0.8	6.0	6.0	5.4	2.4	1.4
2050	6.0	3.6	0.8	6.0	6.0	5.4	2.4	1.4

由于商用车营运情况较为复杂,关于商用车实际油耗与工况油耗之间的差异研究很少,因此在本模型中暂时不对商用车工况油耗进行校正。

3. 各类汽车行驶里程发展趋势

目前,中国汽车年均行驶里程数据多通过调研获得。北京交通发展研究中心 2015 年对北京市机动车使用情况开展了专项调查。其中,985 辆私家车年平均出行距离为 12566 公里,公务车年均行驶里程略高于私家车,达到 13452 公里⁸¹。广州日报

2016 年相关报道引用的数据则显示，2015 年中国家用乘用车年均行驶里程为 1.67 万公里⁸²，中国汽车技术研究中心对全国 10 万余保有记录分析确认新车行驶里程为 1.9 万公里，随着车龄的增加，年行驶公里降低至 1.1 万公里；中石化经济技术研究院通过调研得到轿车的年平均里程为 1.7 万公里。因此，模型中将基准年私家车年均行驶里程基数设置为 13000 公里，其他车型活动水平则根据相关调研和已有研究报告进行设定。

参考中国汽车工程学会（SAE-China）以及清华大学欧训民课题组相关研究⁸³，本模型中各类车型年均行驶里程（VKT）变化设定如表 18 所示。

表 18 各类车型年均行驶里程发展趋势设定

单位：km/年

年份	私家车	出租及网 约租赁车	大型 客车	中型 客车	轻型 客车	重型 货车	中型 货车	轻型 货车	微型 货车
2015	13000	120000	48000	35000	20000	55000	29000	24000	21000
2020	12000	121000	48300	35000	20000	56000	29500	24000	21000
2025	11700	122000	48600	35000	20000	56200	30500	24000	21000
2030	10700	123000	48900	35000	20000	56700	31500	24000	21000
2040	9500	124000	49200	35000	20000	57600	33800	24000	21000
2050	8500	125000	49500	35000	20000	58500	36000	24000	21000

3.3 “2050 未来情景” 能源消耗与排放影响

1. “2050 未来情景” 各燃料类型汽车市场结构及保有量预测



通过调研其他机构预测，基于本研究对未来汽车市场结构判断，拟合传统燃油汽车退出路线图，以及石油消费 2℃ 温控情景，预计 2025 年车用汽柴油消耗总量达到峰值，而至 2040 和 2050 年车用燃油消费量较峰值将分别下降 55% 和 80%，如图 25。

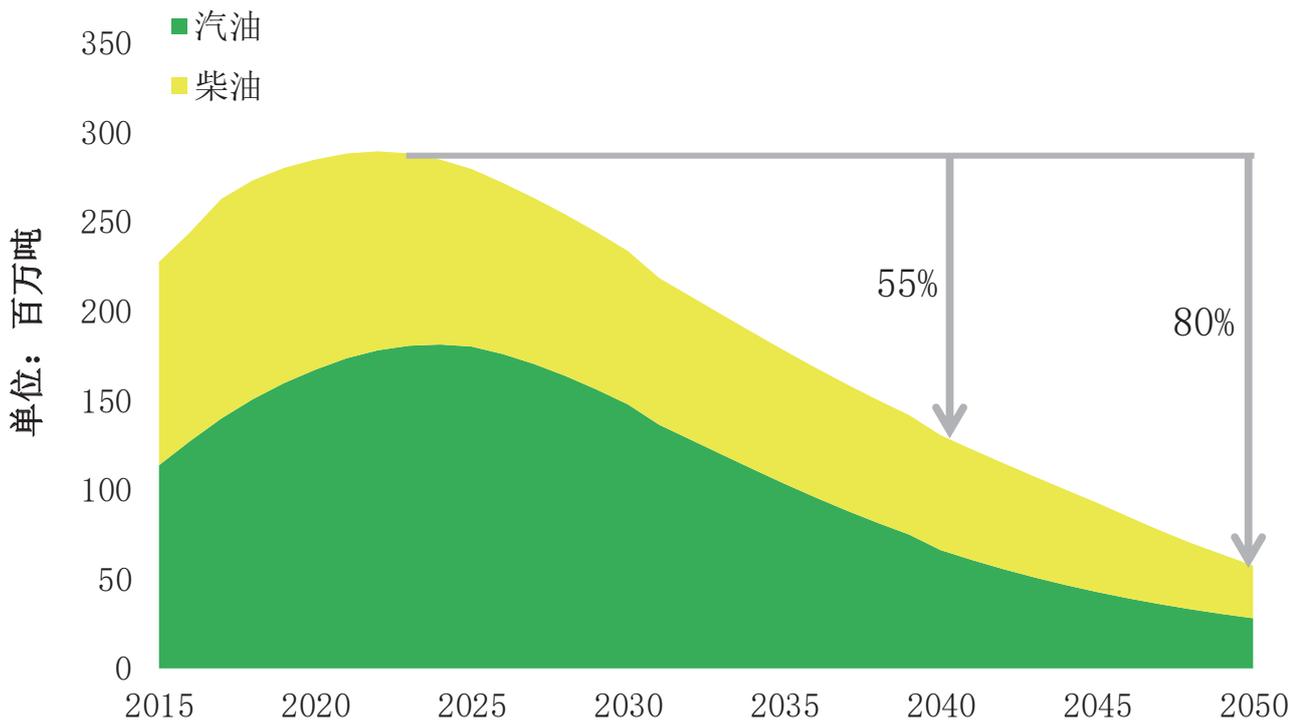


图 25 “2050 未来情景” 汽车行业汽、柴油消费量

在传统燃油汽车退出路线图下，乘用车各燃料类型汽车销量与市场占比如图 26 所示，2020、2030、2040、2050 年新能源汽车渗透率分别为 7%、42%、75%、85%，而各类混合动力汽车作为过渡性替代产品的渗透率分别为 5%、34%、24%、14%。商用车方面，2020、2030、2040、2050 年新能源汽车渗透率分别为 19%、27%、47%、79%，商用车领域替代燃料汽车市场比例保持 10% 左右的份额(图 27)。

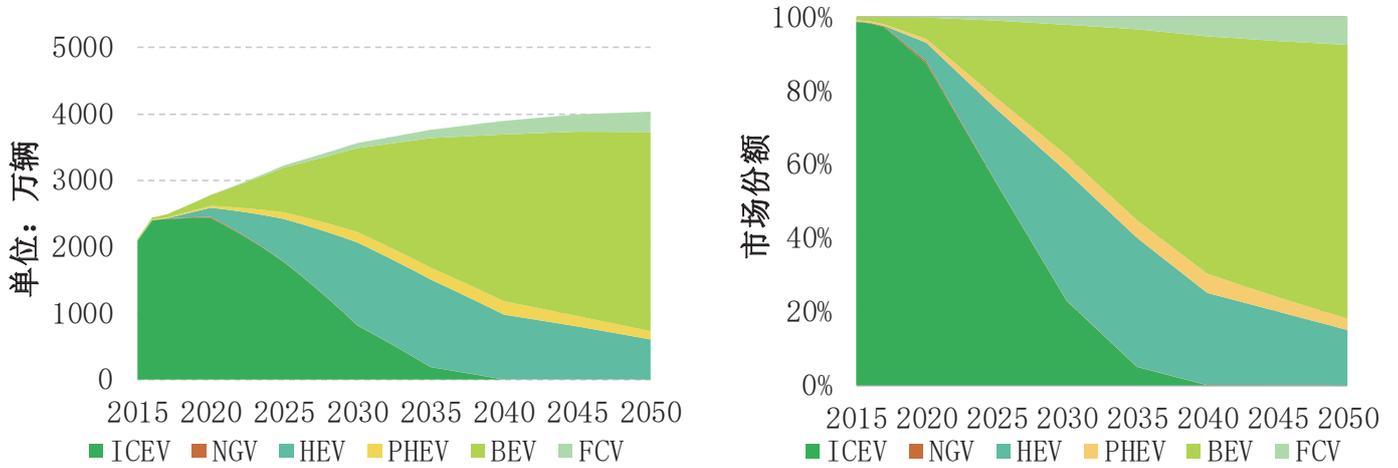


图 26 “2050 未来情景” 乘用车销量及市场结构

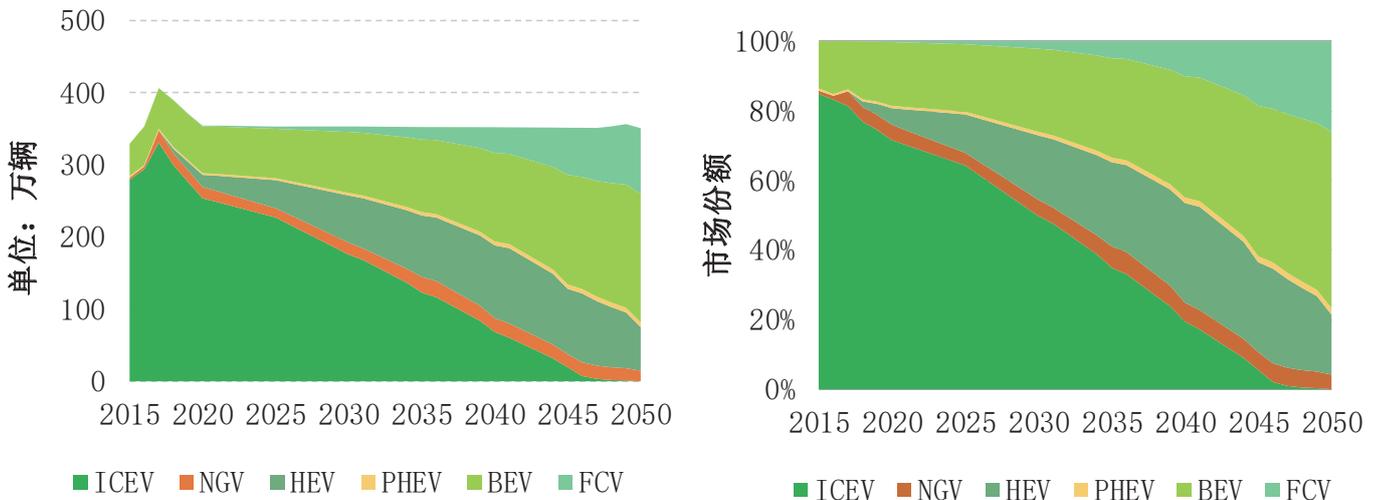


图 27 “2050 未来情景” 商用车销量市场结构

在车队保有结构里，2020 年、2030 年、2040 年和 2050 年新能源汽车保有量将分别达到 975 万辆、9652 万辆、27174 万辆和 41551 万辆，分别占保有量比例 3%、23%、55%、77%，替代能源汽车还包括混合动力和燃气汽车（图 28）。

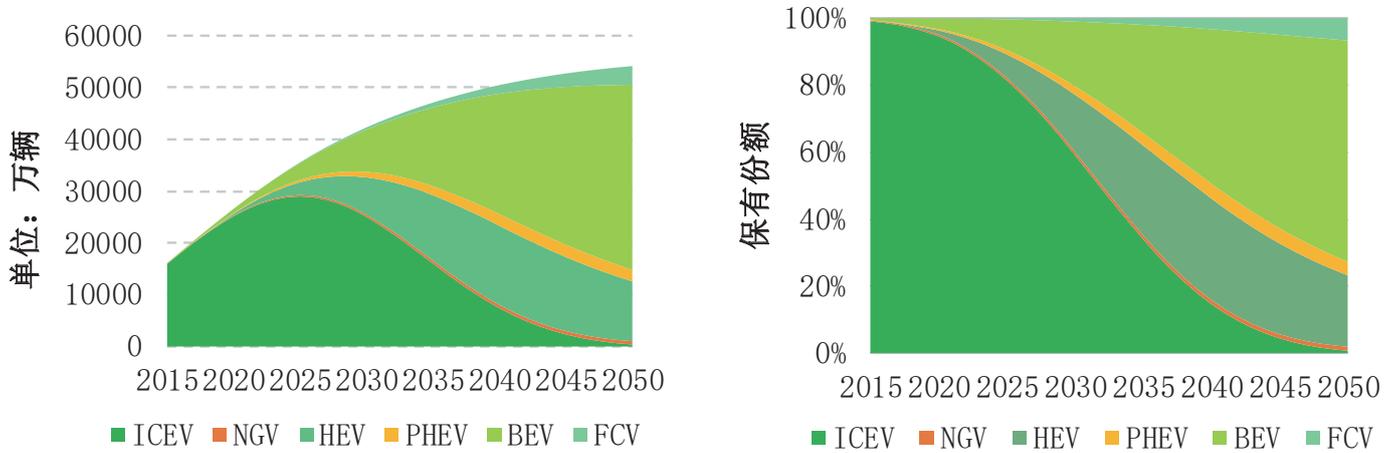


图 28 2015-2050 不同燃料类型汽车保有量趋势预测

2. “2050 未来情景”下汽车行业各类能源消耗量

结合汽车总体保有结构及保有量预测、各车型单车能耗水平发展趋势分析以及单车活动水平设定等研究，得到“2050 未来情景”下汽车行业的汽、柴油消费总量情况，如图 29 所示。

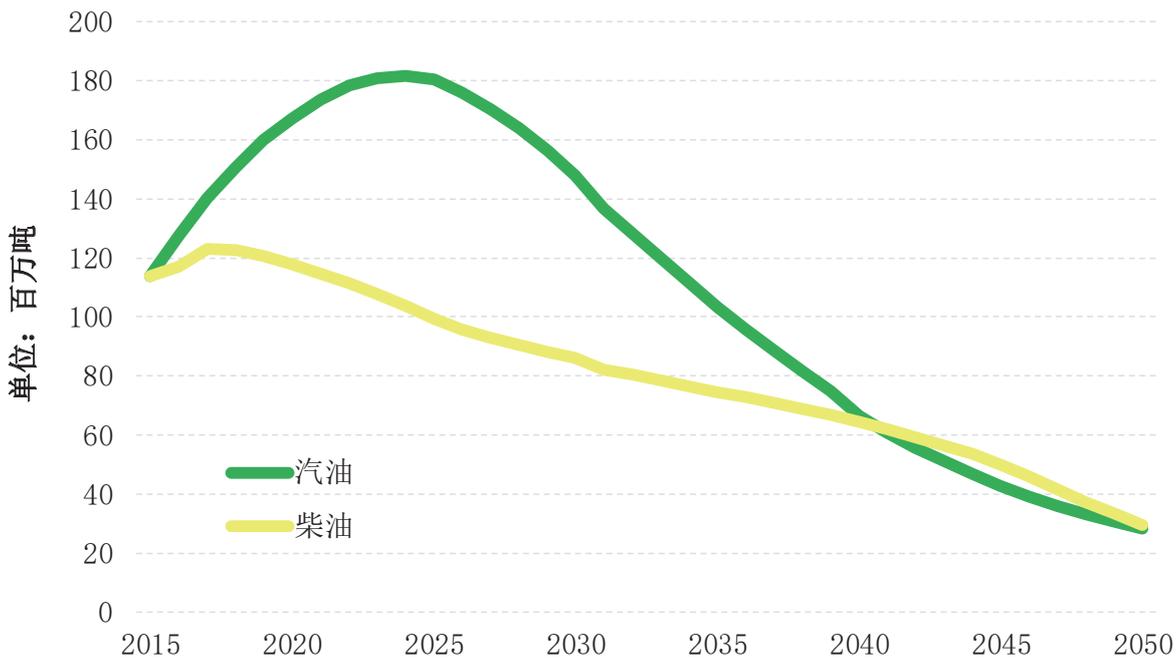


图 29 “2050 未来情景”下汽车行业汽、柴油消费总量情景预测

在“2050 未来情景”下，汽油消费量将在 2025 年左右达到峰值 1.81 亿吨，柴油消费量达峰时间要早于汽油，根据实际柴油消耗量及模型预测，目前正处于柴油消费量的峰值平台期，预计 2020 年前就能达到峰值，约 1.23 亿吨。乘用车是汽油消费主体，在“2050 未来情景”中，乘用车电动化进程早于商用车，传统燃油乘用车退出较快，因此 2030 年之后汽油消费量急剧下降。商用车则是柴油消费主体，由于商用车油耗高，禁售速度慢，因此在 2040 年之后，柴油消费量略高于汽油。

此外，包括电能、氢能、天然气、生物燃料等在内的所有能源消费量趋势如图 30 所示，其中，电能以热值等价形式转化为标准油质量。根据模型设定，电能和氢能消费量由于纯电动汽车和燃料电池汽车在后期的销售发力而逐年递增，天然气消费量则在 2040 年左右达到峰值后趋于稳定，生物燃料由于是以汽、柴油按比例添加利用，受汽柴油消费量和国家添加比例要求影响，具有一定的不确定性。

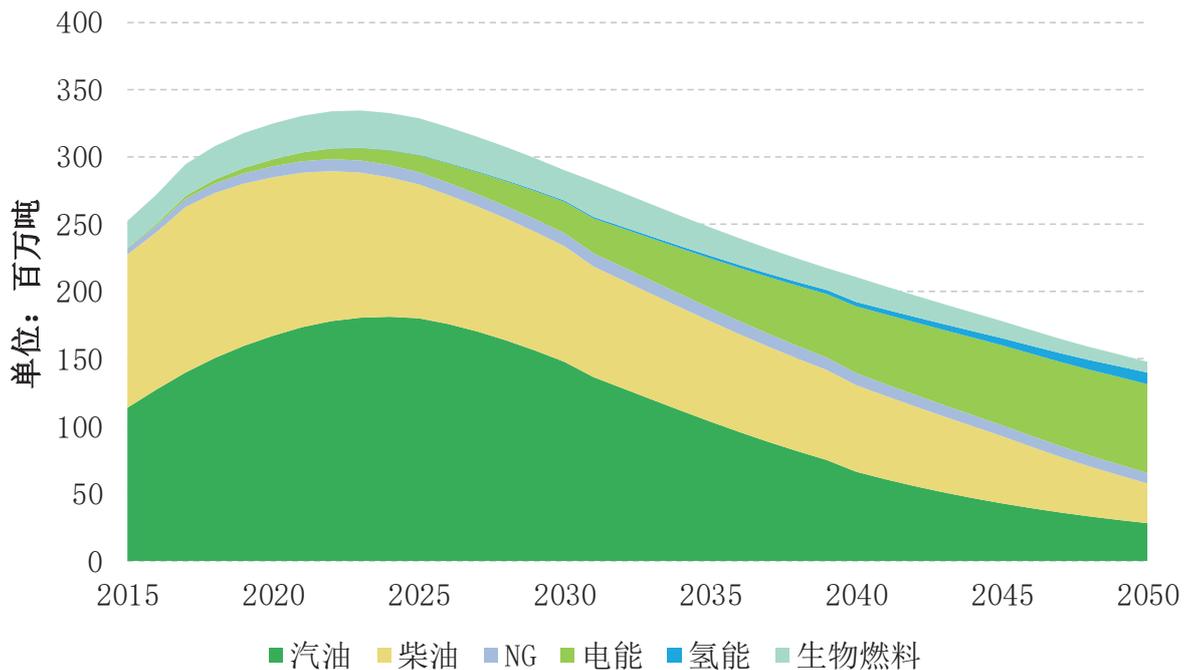


图 30 2050 未来情景下汽车行业各类能源消费总量预测

3. 传统燃油车退出对污染物排放影响

汽车排放的大气污染物主要来自尾气排放和蒸发排放，其中，尾气污染物包括气态污染物，如一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂），和颗粒物（包括 PM_{2.5} 和 PM₁₀）。在一些特大型城市，尾气排放已经成为重要污染源。

电动汽车和燃料电池汽车终端污染物排放为零，从这一点上说，与传统燃油汽车相比，具有绝对的污染物减排效益。从生命周期的角度来看，研究人员达成的普遍共识是，中国现阶段电动汽车可大幅减少 VOCs 排放；与国 V 标准相比，具有一定的 NO_x 减排潜力，中国汽车工程学会⁸³与清华大学⁸⁴的研究均验证了这一点。而在 PM 与 SO_x 排放方面，在目前电网排放水平下，电动汽车对比传统车还不具备优势，但煤电清洁化正在加速，据中国电力企业联合会 2017 年发布的《中国煤电清洁发展报告》⁸⁵，过去十年，中国煤电行业烟尘排放绩效下降 95%，二氧化硫排放绩效下降 93%，氮氧化物排放绩效下降了 90%。根据研究，预计到 2020 年，按照电动汽车 12 kWh/100km 的电耗水平，以及届时火电超低排放措施导致空气污染物排放降低 65% 计算，在二者共同作用下，纯电动车 NO_x 排放可进一步降至国六排放标准限值的约 40%⁸⁶。再加上中国可再生能源发电比例的提高，届时，电动汽车较传统车将会有较大的污染物减排空间。

此外，燃油汽车是移动污染源，其监管和治理的难度远高于发电厂的固定源排放；燃油汽车污染排放主要在于行驶阶段，处于人群密集区，并接近人体呼吸高度，电动汽车污染排放主要在于发电阶段，为高空远距离排放，远离人群，而汽车排放 NO_x 和 PM₁₀ 的暴露效率是电厂排放污染物暴露效率的 10 倍以上⁸⁷。综上，电动汽车的污染物暴露对居民健康影响远低于传统燃油车尾气排放。

因此，传统燃油车的退出对污染物减排效益及居民健康影响的效益将非常大。中国汽车技术研究中心在去油化情景下测算，2050 年当年新能源汽车替代传统燃油车减少 CO 排放 3000 万吨以上，HC 减排超过 300 万吨，NO_x 减排超过 200 万吨，PM 也能减少 10-20 万吨，其中，激进情景下，CO、HC、NO_x 和 PM 的减排量分别占 2017 年各自排放量的 122%，107%，41% 和 35%⁶⁵。

4. 传统燃油车退出对温室气体排放的影响

从终端来看，纯电动汽车和燃料电池汽车温室气体排放为 0，较传统车具有绝对的减排效益；从生命周期来看，受模型、方法、边界、假设、对比基准等因素影响，电动汽车温室气体减排潜力测算结果不一，但具有减排效益的结论基本一致。中国汽车工程学会⁸⁸测算，2017 年中国现有发电条件及电力结构下，若只考虑燃料周期，纯电动乘用车对比燃油车平均温室气体减排达到 35%；而中国汽车技术研究中心数据资源中心⁸⁹在同时考虑燃料周期和车辆周期的情况下，测算得出 2020 纯电动乘用车温室气体平均减排潜力为 13%。

模型中采用的燃料 GHG 排放因子参考 Peng 等人⁷²的研究，其中每种燃料均包含终端排放因子和生命周期排放因子两种形式，如表 19。

表 19 各种燃料终端排放因子和生命周期排放因子一览表

燃料类型	年份	汽油 /L	柴油 /L	天然气 /m ³	电能 /kWh	氢能 /kg
终端排放因子 (kg CO ₂ ,e/unit)	2015-2050	2.42	2.80	2.62	0	0
生命周期排放因子 (kg CO ₂ ,e/unit)	2015	3.16	3.55	2.93	0.73	24.07
	2030	3.16	3.55	2.93	0.52	12.04
	2050	3.16	3.55	2.93	0.40	2.41

基于模型设定参数，中国整体车队终端温室气体排在 2024 年达到峰值，2040 年和 2050 年终端温室气体排放水平较峰值分别下降 51% 和 77%。

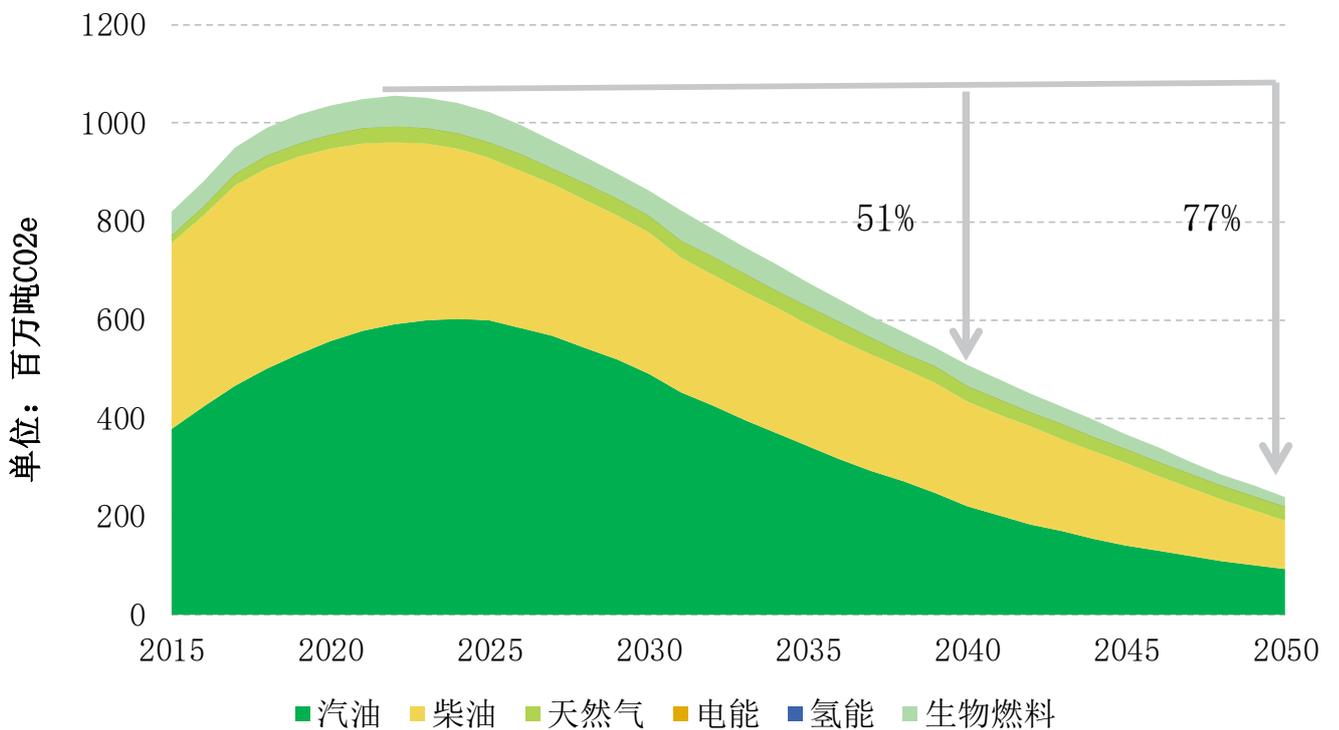


图 31 2015-2050 年保有车队终端温室气体排放



从生命周期来看，现阶段纯电动乘用车对比燃油车温室气体减排在 15-35% 左右，随着电力结构的优化，可再生能源以及分布式清洁能源利用率的增加，电能和氢能生命周期温室气体排放因子将逐步降低，整体车队生命周期温室气体排放仍将在 2025 年左右达到峰值，2040 年和 2050 年车队生命周期温室气体排放较峰值分别下降 33% 和 55%。

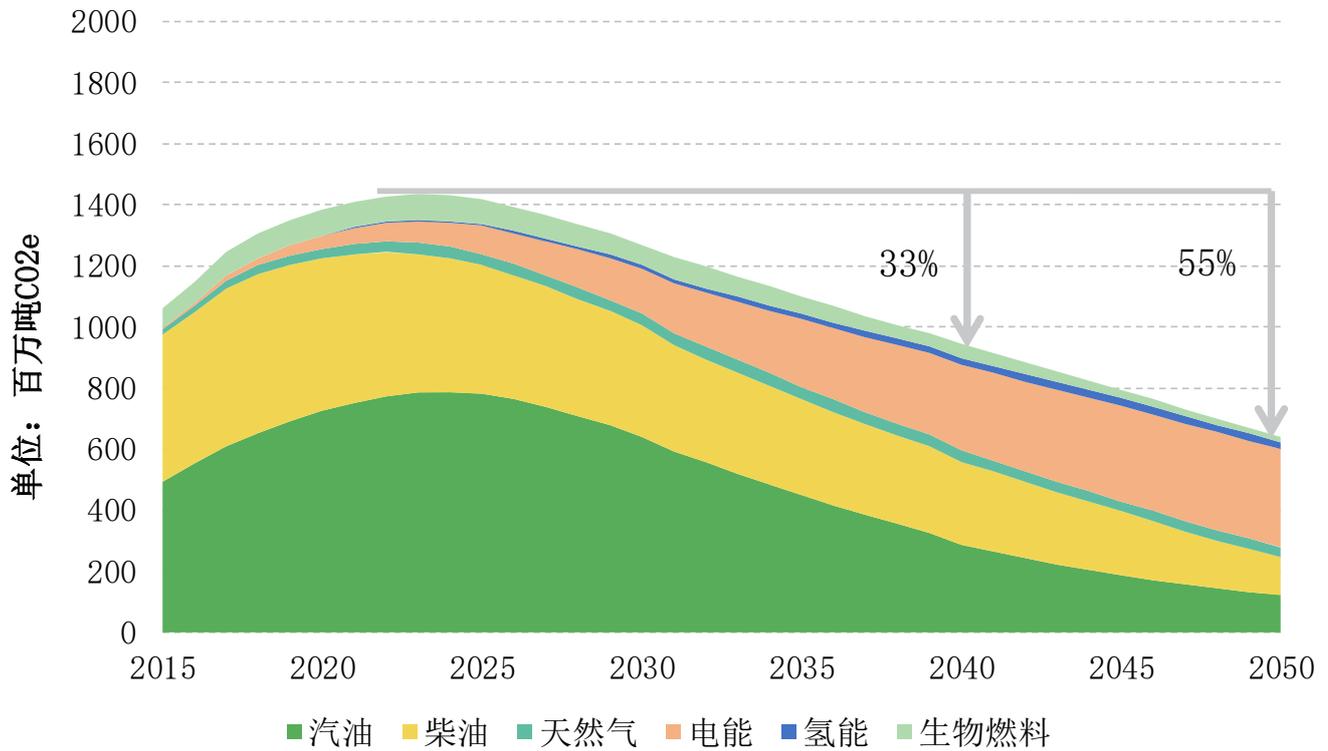


图 32 2015-2050 年保有车队生命周期温室气体排放

4

中国新能源汽车发展与传统车退出分区域画像研究

4.1 新能源汽车发展与传统燃油车控制的驱动力

1. 中国汽车产业转型升级

截至 2018 年，中国已经连续 10 年为全球最大的汽车市场，汽车成为国民经济支柱产业，汽车生产企业及品牌数量持续增加，但技术仍落后于欧美日韩等汽车大国。中国需从汽车大国向汽车强国转变，淘汰落后产能，提高自主创新能力，培养具有世界竞争力的龙头汽车企业。新能源汽车作为时代新产物，其技术已走在世界前列，通过发展新能源汽车实现产业转型升级具备优势，习近平主席也指出：发展新能源汽车是迈向汽车强国的必由之路。在《中国制造 2025》、《汽车产业发展规划》、《十三五战略性新兴产业发展规划》等多项政策中，已明确节能与新能源汽车是未来中国汽车产业发展的主要方向。从长期来看，中国汽车产业转型升级的根本因素是技术迭代与市场占有率的稳定提高，而非持续的补贴政策，因此发展先进新能源汽车技术，让市场逐渐接受新能源汽车既是促进我国汽车产业转型升级的需要，也是替代、退出传统汽车的首要驱动力。

2. 大气污染防治与地区空气质量提升

随着《环境保护法》、《大气污染防治法》的修订与实施，要求各地区以改善大气环境质量为目标，转变经济发展方式，优化产业结构和布局，调整能源结构，各省市地区把空气质量改善作为政绩考察的重要内容，并实施责任制，均先后出台地方性《大气污染防治条例》与《行动方案》，并及时通报年度进展，其中与汽车清洁化相关的条例及防治计划主要包括：

(1) 发展新能源汽车。几乎所有地区均强调公务用车和公共交通、出租车、环境卫生、邮政、快递等行业用车应当率先使用新能源机动车，甚至提出了最低比例要求。

(2) 控制机动车保有量。近一半地区在文件里提出了要合理控制汽车保有量，并严控汽车增长速度，目前已经有 8 个城市与地区实施了限购措施，更多地区正在研究汽车总量控制方案。

(3) 限制传统燃油车出行。超过 20 个地区提出了在特定区域或者特定空气质量状况下限制燃油车行驶。

(4) 发展替代燃料。中国将在 2020 年在全国范围内推广乙醇汽油；天然气、甲醇、

生物柴油等替代燃料也在资源丰富或有条件地区鼓励发展。此外，依靠提升燃油质量，逐步淘汰高油耗、高排放机动车或者提前实施更严格排放标准等措施，从而减少汽车领域的污染排放，有些地区甚至明确提出了控车减油战略，如北京⁹⁰。

2018年6月，国务院发布《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，以京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原等区域为重点区域，提出2020年重点区域公共领域（公交、环卫、邮政、出租、通勤、轻型物流配送车）与港口、机场、铁路货场新增或更新的车辆使用新能源或清洁能源汽车，使用比例达到80%，并要求重点区域的直辖市、省会以及计划单列市建成区公交车100%更换为新能源汽车，要求为新能源物流配送车辆提供通行便利，在用车集中区域建设充电设施。各地区为“蓝天保卫战”也提出了年度或总体行动计划。

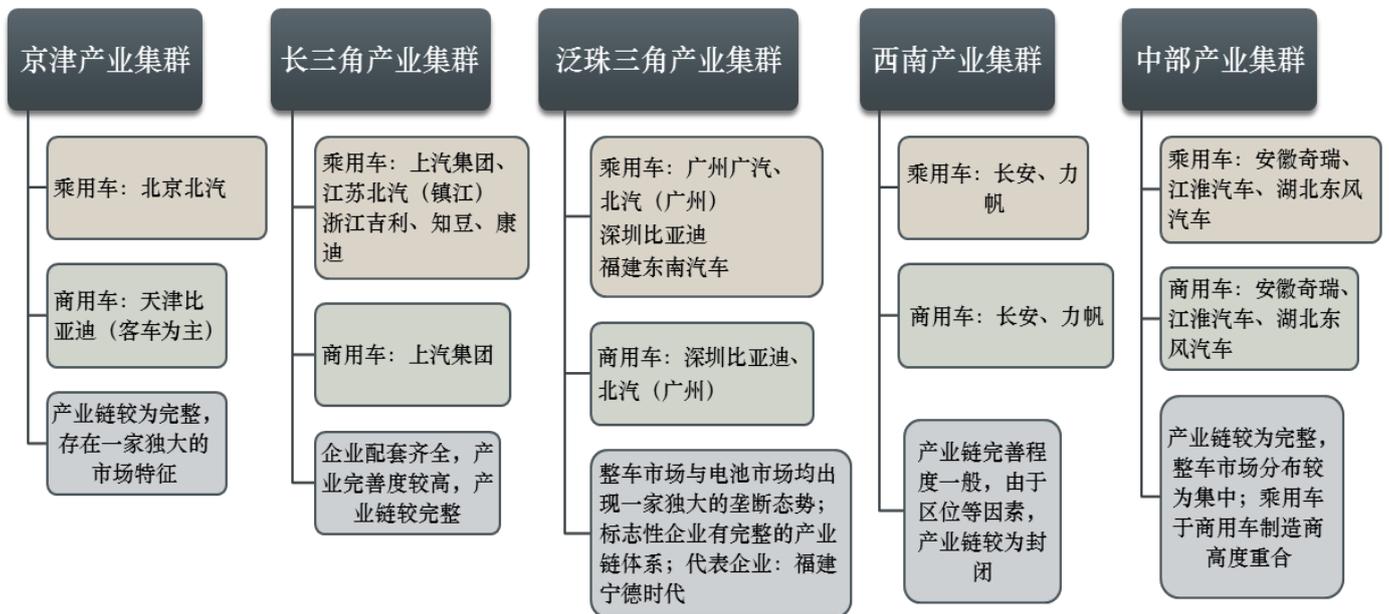
表 20 各省市大气污染防治方案中主要汽车关联措施

主要措施	安徽	北京	福建	甘肃	广东	广西	贵州	海南	河北	河南	黑龙江	湖北	湖南	吉林	江苏	江西	辽宁	内蒙古	宁夏	青海	山东	山西	陕西	上海	四川	天津	西藏	新疆	云南	浙江	重庆	
发展新能源汽车	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
控制汽车保有量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
传统燃油车限行	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
发展替代燃料				○					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
淘汰黄标车	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
提高燃油质量	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
提前实施高排放标准	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

数据来源：iCET 根据公开数据整理。

3. 地区新能源汽车产业经济发展

为推动区域经济发展，各地区也争先为新能源汽车整车及上下游产业链（包括电池、电机、电控，充电桩及汽车服务等）发展提供良好条件，包括设立新能源汽车产业园区，提供新能源汽车高额度补贴和企业税收优惠等。尤其是从 2009 年开始，国家开始实施新能源汽车城市推广示范项目，示范城市最终涵盖 88 个城市与地区，且在多个区域均形成产业集群，使新能源汽车成为推动部分地区经济发展的重点产业（图 33）。



数据来源：中国新能源汽车市场开放指数报告 2018⁹¹.iCET 根据其他公开数据整理。

图 33 中国主要新能源汽车产业集群

4. 实现交通节能与二氧化碳减排目标

中国已承诺 2030 年二氧化碳排放达到峰值并争取尽早达峰，单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年下降 60-65%。随着工业、能源、建筑等部门温室气体排放管理升级，这些领域均取得了较好的减排效果。而交通作为移动排放源，其温室气体排放管理难度较其他领域都高，为此，交通部发布了针对绿色循环低碳交通运输发展的指导意见⁹²，通过规划、标准、政策、法规来降低各种运输方式的能源消耗和碳排放强度指标，江苏、湖北等地区作为绿色循环低碳交通试点区域也提出了能源节约与二氧化碳减排的具体发



展战略及目标，即到 2020 年营运车辆、城市客运的单位客运量能耗分别下降 16% 和 26%，而二氧化碳排放分别下降 18% 和 30%。

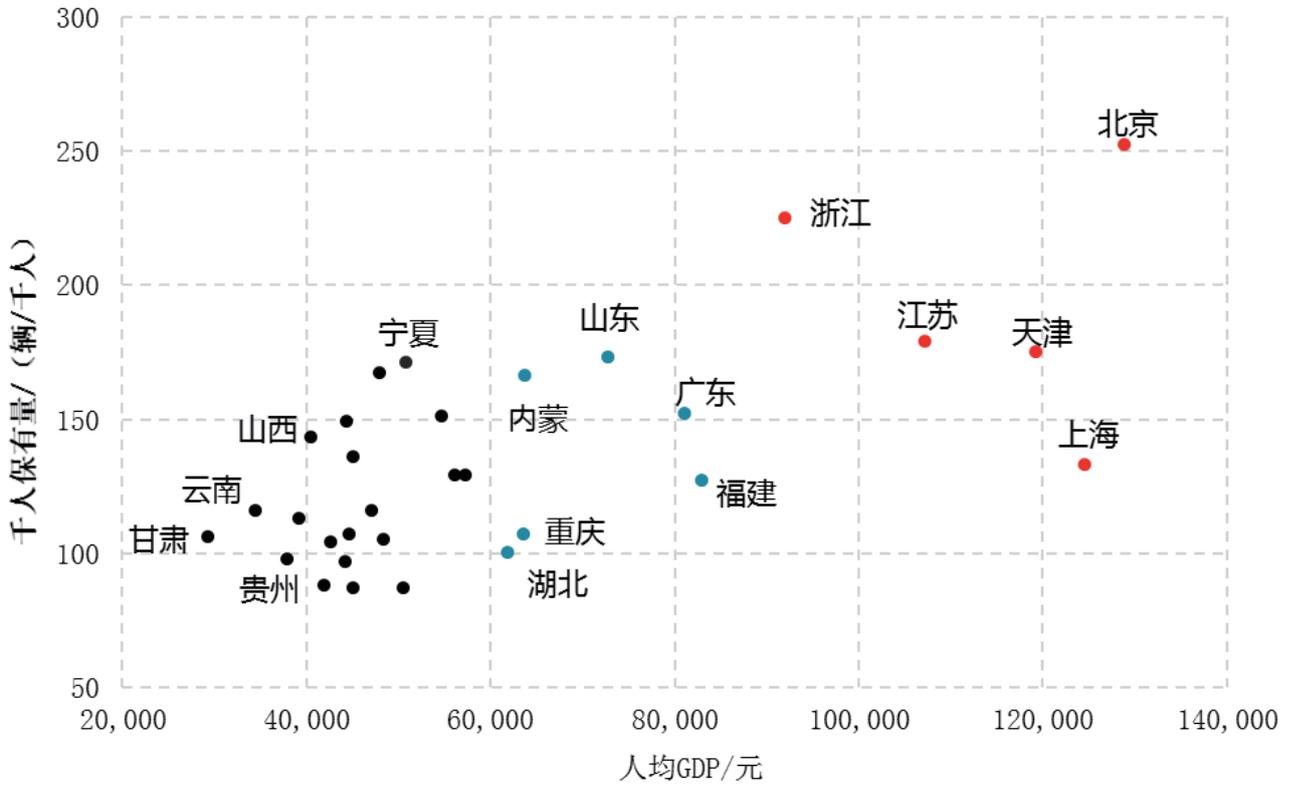
5. 减少石油消耗，提高国家能源安全

目前中国的石油进口依存度已经接近 70%，能源安全隐患较大，而车用石油消耗占比超过 40%，2018 年车用汽柴油消耗 2.32 亿吨，占成品油消耗量超过 80%，其占比还将持续增加。降低汽车石油消耗，是减少石油消耗的主要手段，同时也是加强国家能源安全、减轻石油进口压力的有效举措之一。

4.2 各区域新能源汽车发展现状及推广环境

1. 各区域汽车保有及增量情况

中国各地区经济发展程度不同，汽车千人保有量介于 80-250 辆 / 千人之间。如图 34 所示，沿海及经济发达区域汽车千人保有量较高，而中西部地区较低。近几年，随着部分城市开始实行限购政策，汽车保有量增速将放缓。



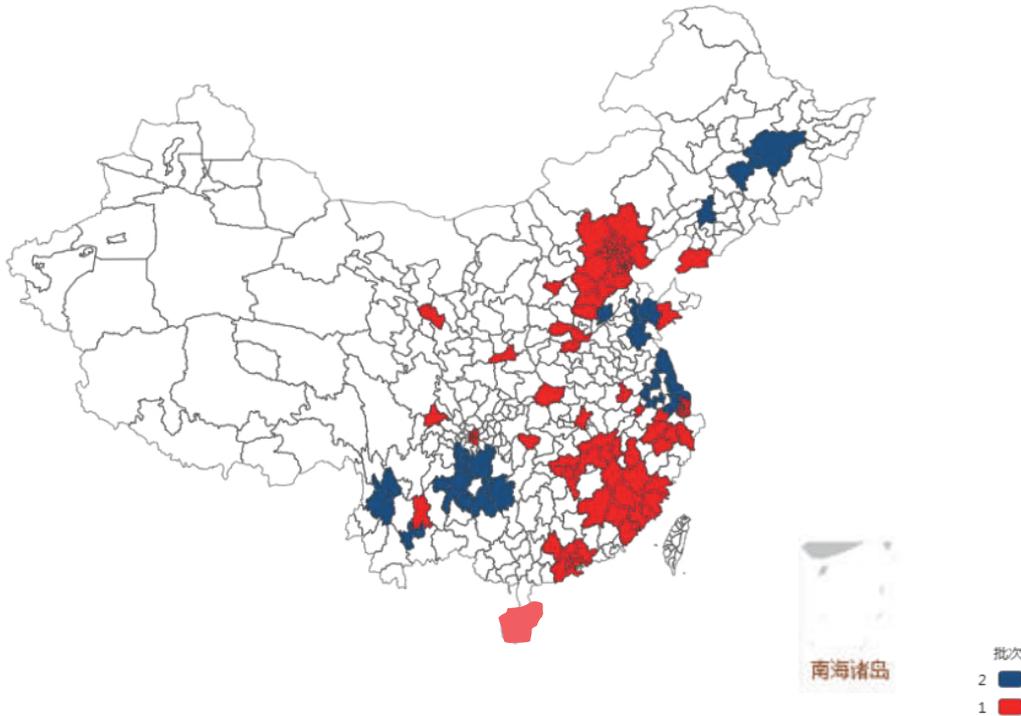
数据来源：国家统计局

图 34 各区域人均 GDP 与汽车千人保有量一览 (2017 年)

2. 各地区新能源汽车激励政策及目标

中国于 2009 年开始推广“十城千辆”项目，拉开了新能源汽车推广的序幕，目前 88 个城市和地区已经被指定作为示范区域进行新能源汽车的集中推广，如图 35。

全国88个新能源汽车推广城市一览



数据来源：iCET 公开数据；注：红色为第一批示范城市与区域；蓝色为第二批。

图 35 中国新能源汽车推广示范城市

为支持新能源汽车发展，各地区跟随中央密集出台了一系列新的新能源汽车激励机制，其中货币类政策包括地方补贴、充电补贴、停车费用减免等；非货币类政策包括新能源汽车不限行、不限购等。主要城市新能源汽车政策推广总结如表 21。

大部分城市提出了公交、环卫、邮政、快递、出租、网约租赁等行业，以及机关、事业单位、国有企业的公务用车应当率先推广使用新能源汽车，有些城市和地区已经明确了推广目标以及实施路径。其中，深圳计划在 2018 年底全面实现公交及出租车电动化，同时新增营运类轻型货车全部为纯电动车，并为纯电动物流车提供优先路权；还提出了到 2020 年年底实现分时租赁车、网约车纯电动化⁹³。北京也要求重点路线、全部 BRT 和接驳循环线、新城区、机场营运均采用电动化公交，要求新增出租车全部采用电动汽车，并推动存量出租车有序更新为电动汽车，并要求 10 个郊（县）区域出租车全部采用电动汽车，同时要求新增环卫车中电动环卫车比例要超过 50%⁹⁴。太原市 2016 年已经实现了出租汽车完全电动化⁹⁵。西安从 2018 年 5 月起不再新增非电动公交车及厂区通勤、环卫、搬家、物流等领域车辆⁹⁶。

表 21 中国主要城市新能源汽车推广激励政策 89

政策措施	北京	上海	深圳	天津	海口	青岛	成都	杭州	广州	长沙	郑州	武汉	重庆	石家庄	南京	合肥	太原	西安	南昌	昆明	芜湖	兰州	厦门	临沂	湘潭	株洲	湖州	宜春	宁波	南通
BEV 地方购置补贴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
PHEV 地方购置补贴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
车船税减免	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
停车费用减免	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
充电费用优惠	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
更新换购补贴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
强制车险费用减免	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
私人充电桩购置补贴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
上牌费用优惠	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
道路通行费用减免	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
公共充电桩建设补贴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
燃油车限购	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
燃油车限行	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
新能源汽车不限行	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

经济手段

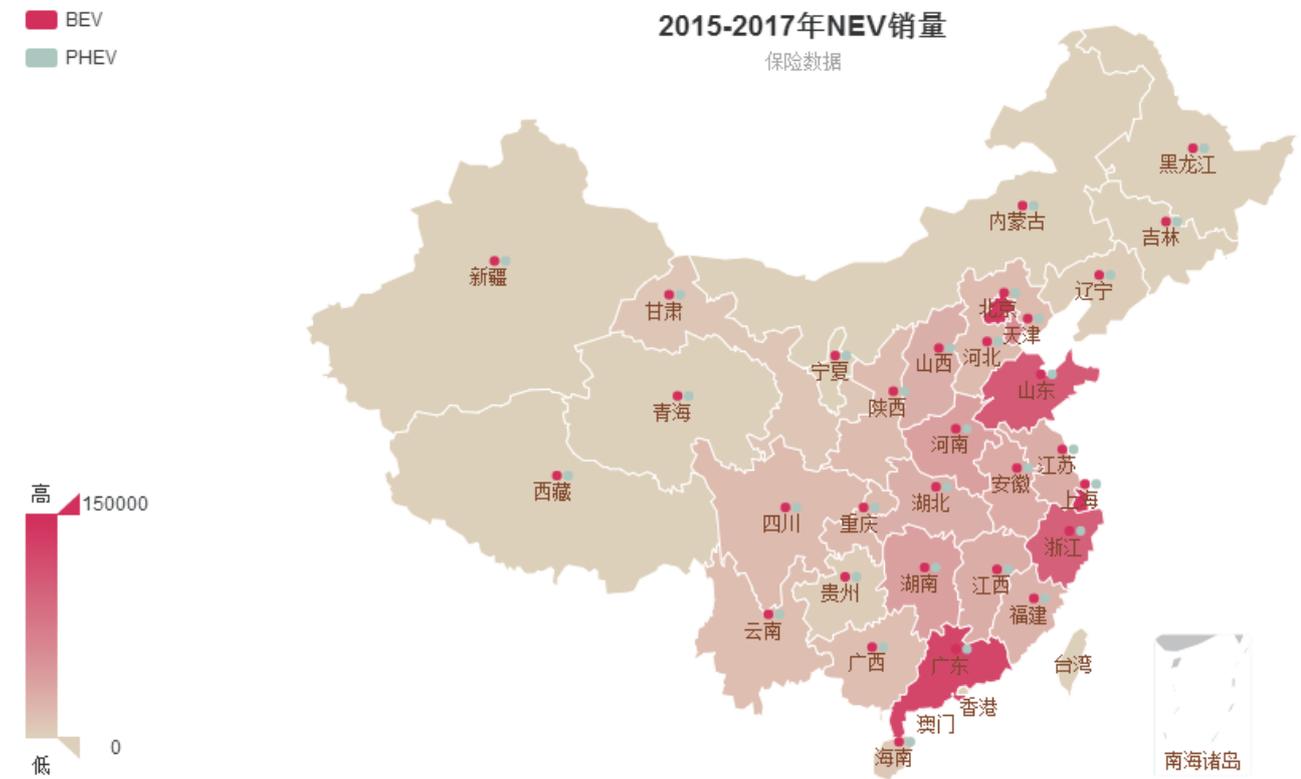
行政手段

来源: ICCT⁹⁷; /CET; 公开数据整理;



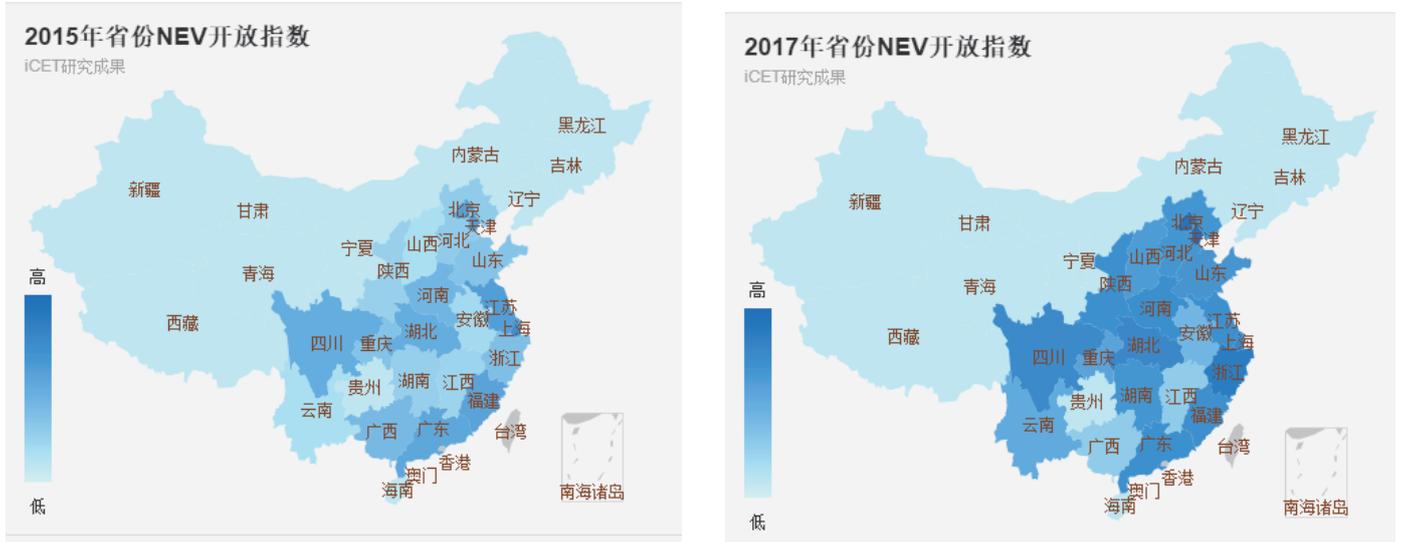
3. 各地区新能源汽车推广及市场开发程度

在新能源政策的推动下，北京、上海、山东、广东、浙江五地区 2015-2017 年 NEV 汽车的累计推广量已经超过 10 万。近些年国家推动破除地方保护主义，各地新能源汽车市场的开放指数正在逐年上升，其中，天津、杭州、广州、上海等大城市在新能源汽车推广上较为开放。地方保护主义越少，市场开放程度越高，越可能为地方新能源汽车推广，以及传统燃料车退出提供有利条件。



数据来源：iCET. 中国新能源汽车市场开放指数报告 2018⁹¹

图 36 中国主要地区新能源汽车推广情况



数据来源：iCET. 中国新能源汽车市场开放指数报告 2018⁹¹

图 37 中国各地区新能源汽车推广开放指数对比

4. 各地区新能源汽车基础设施发展情况

新能源汽车的发展也带动了我国公共充电基础设施的快速增长。目前，根据中国电动汽车充电基础设施促进联盟统计⁹⁸，截至2018年3月，联盟内成员单位总计上报公共类充电桩25.3万个，其中交流充电桩11.0万个、直流充电桩7.7万个、交直流一体充电桩6.6万个。在新能源汽车推广较好的区域，如北京、上海、广东、山东等省市，公共充电发展势头也较为良好。

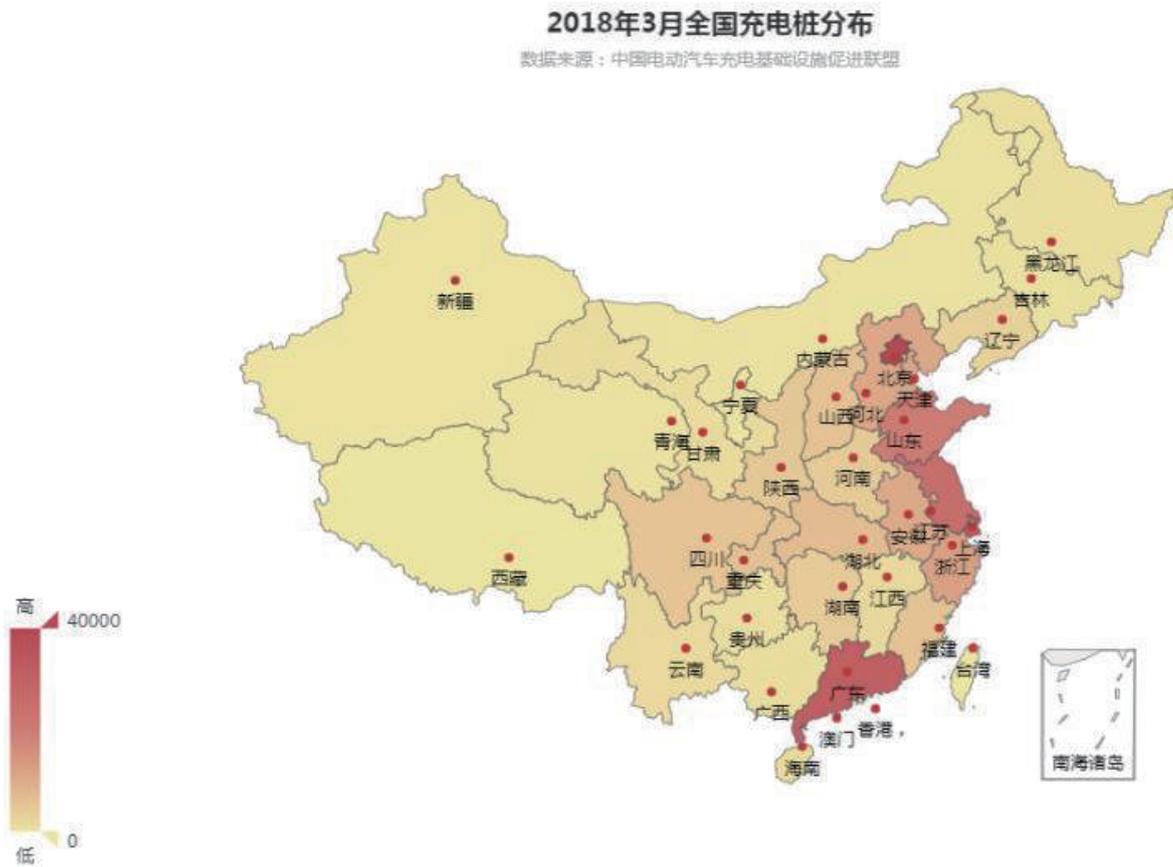
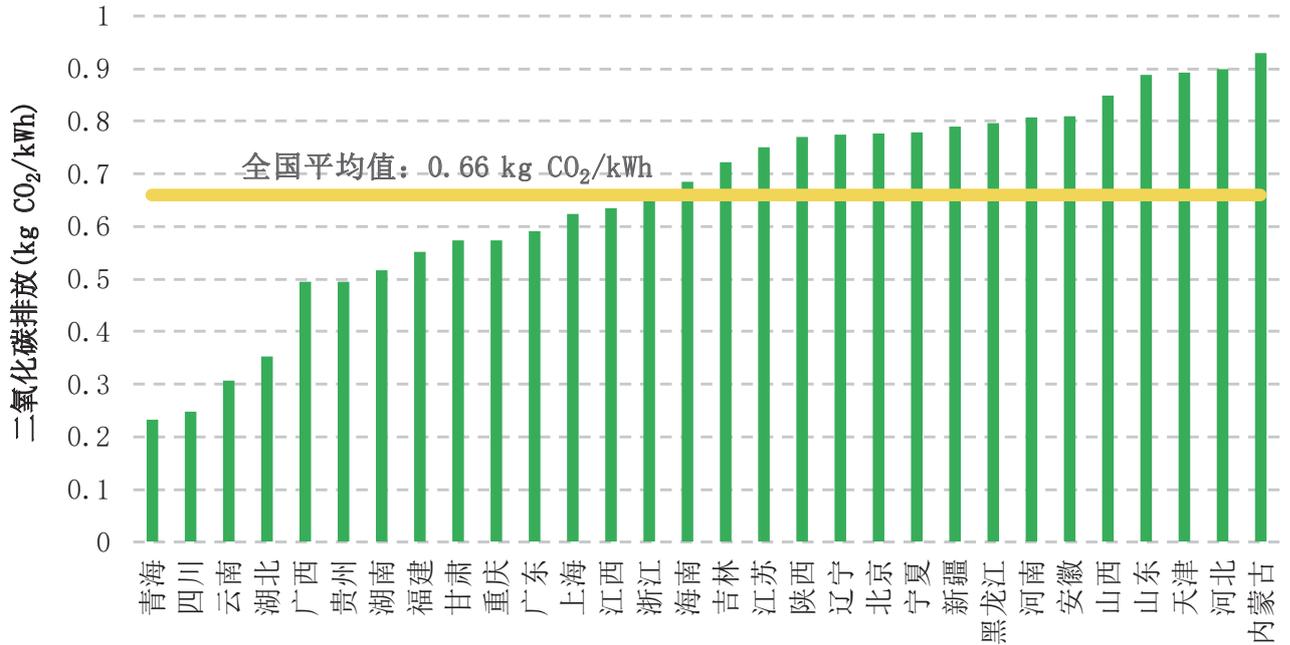


图 38 中国各省市各类充电桩建设营运情况统计

5. 各区域电网电力机构与排放强度水平

中国电网结构以煤电为主,2017 年火电比例仍高达 73%⁹⁹, 各区域电网电力结构差异较大,其碳强度和污染物排放强度不一。其中,东北、华北等地区由于煤电占比较大,从全生命周期的角度来看,总碳排放强度较高;而西南地区由于水电占比大,碳排放强度较小。



数据来源：国家气候战略中心¹⁰⁰

图 39 各个地区电网碳强度水平 (2010 年)

4.3 区域层级划分及区域画像特点

1. 传统燃油汽车退出区域层级划分

根据以上分析，目前新能源汽车受多方面因素影响，正在分阶段、分区域发展，传统燃油汽车的退出也是如此。因此，基于各地区经济发展情况（指标：人均GDP发展）、汽车饱和情况（指标：汽车千人保有量及限购）、新能源汽车发展情况（指标：新能源汽车推广量及发展规划）、充电基础设施发展情况（指标：公共充电桩数量）、地区开放性以及各个区域电力的碳排放强度等数据，将中国大陆区域划分为四个层级，这四个层级也是传统汽车退出时间表提出的区域分级。

表 22 区域层级划分及代表地区

层级	主要依据及代表地区
第一层级 (Phase I)	特大型城市（如北京、上海、深圳等）； 功能性示范区域（如海南、雄安等）；
第二层级 (Phase II)	传统汽车限购先行城市（如天津、杭州、广州等）； 蓝天保卫战重点区域省会城市（如石家庄、太原、郑州、济南、西安、南京、合肥等）； 新能源汽车推广领先城市、产业集群区域核心城市及经济发展沿海城市（如重庆、青岛、成都、长沙、昆明等）；
第三层级 (Phase III)	蓝天保卫战重点区域，如华北（河北、河南、山东）、长三角（江苏、浙江、安徽）、汾渭平原区域（山西）； 新能源汽车产业集群区域，如泛珠三角（广东、福建）、中部（湖南、湖北、江西）； 其他新能源汽车推广或低碳发展示范城市，如贵阳等；
第四层级 (Phase IV)	其他区域，西北（新疆、西藏、宁夏、甘肃、陕西、青海）、东北（黑龙江、辽宁、吉林）、西南（广西、云南、贵州、四川）、内蒙古自治区。

以上传统燃油汽车退出区域层级划分为本研究基于已有信息梳理分析得出，由于中国各级区域（省、市、县）发展差异性较大，地方政府可通过自我评估确定层级。

2. 各层级区域汽车发展画像特点

通过对各层级区域传统汽车与新能源汽车产业发展、相关联经济性以及发展环境的研究，各层级区域分别有如下画像特点：

第一层级：整体经济发展水平高，汽车千人保有量较高、相对较饱和，已经实施了传统燃油车限购与限行政策，新能源汽车政策环境、推广情况、产业发展以及基础设施均处于全国领先水平，为大气治理重点区域，区域创新能力与示范能力很强，还具有强有力的政府决策力和执行力。

第二层级：经济发达，汽车千人保有量较高、相对较饱和，已经或陆续制定传统燃油车限购与限行政策，新能源汽车政策环境、推广情况、产业发展以及基础设施较好，为大气治理重点区域，区域创新能力与示范能力较强，具有较强的政府决策力和执行力。

第三层级：经济较发达，汽车千人保有量饱和度一般，局部地区有限购有限行政策，新能源汽车政策环境、推广情况、产业发展以及基础设施相对良好，为大气治理重点区域，具有一定的区域创新能力与示范能力，以及政府决策力和执行力。

第四层级：经济欠发达，汽车千人保有量饱和度较低，无限购无限行政策，新能源汽车政策环境、推广情况、产业发展以及基础设施均较弱，后期可通过发展带动区域创新能力和示范能力的提升。

表 23 各层级区域汽车发展画像特点

画像特点	第一层级 (I)	第二层级 (II)	第三层级 (III)	第四层级 (IV)
经济发展 (指标：人均 GDP)	发达	发达	较发达	欠发达
汽车饱和度 (指标：千人保有量)	较饱和	较饱和	一般	较低
燃油车限购	是	部分限购	部分限购	不限购
燃油车限行	是	限行	部分限行	不限行
新能源汽车推广 (指标：NEV 推广量)	领先	领先	较领先	一般或缺乏
新能源汽车产业 (指标：产业集群)	发达	发达	较发达	欠发达
充电基础设施 (指标：充电桩数量)	领先	领先	部分领先	一般或缺乏
大气治理重点区域	是	是	部分是	一般
创新示范及开放性 (指标：NEV 示范及开放指数)	强	强	较强	一般
政府决策与执行力 (指标：对中央政策的响应能力及 执行力)	高	较高	较高	一般

3. 各类型汽车在各层级区域占比

根据新能源推动与传统燃油汽车退出区域分级，随着各地区经济发展及汽车需求变化，基于历史发展趋势及“2050 未来情景”中对未来汽车需求量的判断，得到各类型

汽车在各层级区域的市场结构，其中，第一、二层级区域对汽车需求逐渐饱和，占比将稍微降低，而三、四层级区域随着经济的发展，占比将略微增大，尤其是乘用车和客车，如表 24-27。

表 24 各层级区域乘用车市场占比趋势

乘用车	I	II	III	IV
2010	12%	20%	46%	22%
2015	6%	18%	53%	23%
2020	6%	18%	53%	23%
2025	5%	16%	57%	22%
2030	5%	16%	58%	21%
2035	5%	15%	59%	21%
2040	5%	15%	59%	21%
2045	5%	14%	60%	21%
2050	5%	14%	60%	21%

表 25 各层级区域客车市场占比趋势

客车	I	II	III	IV
2010	5%	17%	52%	27%
2015	2%	15%	52%	31%
2020	2%	15%	52%	31%
2025	2%	15%	52%	31%
2030	2%	14%	54%	30%
2035	2%	14%	54%	30%
2040	2%	12%	55%	31%
2045	2%	12%	55%	31%
2050	2%	11%	55%	32%

表 26 各层级城市轻、微型货车市场占比趋势

轻、微型货车	I	II	III	IV
2010	3%	14%	50%	32%
2015	7%	15%	51%	28%
2020	6.5%	15%	51.5%	27%
2025	7%	15%	51%	27%
2030	6%	14%	52%	28%
2035	6%	14%	52%	28%
2040	6%	13%	52%	29%
2045	5%	13%	51%	31%
2050	5%	12%	50%	33%

表 27 各层级区域中、重型货车市场占比趋势

重、中型货车	I	II	III	IV
2010	5%	13%	49%	34%
2015	9%	17%	53%	22%
2020	8%	16%	52%	24%
2025	8%	17%	52%	23%
2030	9%	17%	53%	21%
2035	9%	17%	54%	20%
2040	8%	15%	54%	23%
2045	8%	15%	53%	24%
2050	7%	13%	52%	28%

4.4 中国现有汽车限购区域分析

1. 汽车限购地区基本画像与分析

虽然中国当前所有城市的千人汽车保有量与发达国家都有较大差距，但出于对缓解交通拥堵及环境影响的考虑，一些规模较大、理念先进的城市，已经开始实行汽车限购政策，不过 2018 年，国家发改委在《推动汽车、家电、消费电子产品更新消费促进循环经济发展实施方案（2019-2020 年）》（征求意见稿）中提出严禁各地出台新的限购规定，对已实施限购的区域要从限制购买向引导使用转变，取消对无车家庭户的限制。

截至 2018 年 9 月，共有 8 个地区对机动车实行（或将要实行）限购政策。限购手段主要包括竞价、摇号以及摇号 + 竞价的联合形式，其中，上海从 1994 年开始，也是首个采用机动车牌照竞价的的城市；北京和贵阳则是第一批使用摇号方式控制城市机动车总量的城市。自 2012 年起各城市陆续开始采用摇号与竞价联合的新方法，而不再采用单一模式进行管理，如表 28 所示。也有一些城市和地区正在研究制定汽车总量控制方案，如西安、江苏等。

限购与千人保有量、道路拥堵指数等具体参数没有直接关联性，主要是政府决策者出于对城市综合治理以及城市形象提升等方面的考虑采取的手段。

表 28 现有汽车限购城市及画像

限购地区	新增号牌获取机制	实施时间	千人汽车保有量（2017）	道路拥堵指数（排名） ¹⁰¹	城市或区域特点
上海	竞价	1994	133	1.761（3）	国家中心城市、金融经济中心
北京	摇号	2011	252	1.780（2）	首都、国家中心城市、政治文化中心
贵阳（城区）	摇号	2011	169	1.615（11）	生态城市、西南核心城市
广州	摇号 + 竞价	2012	166	1.562（16）	国家中心城市、珠三角核心城市
天津	摇号 + 竞价	2013	175	1.561（17）	国家中心城市、直辖市
深圳	摇号 + 竞价	2014	257	1.429（51）	经济特区
杭州	摇号 + 竞价	2014	324	1.546（23）	科技新城、长三角核心城市
海南	摇号 + 竞价	2018	105	1.460（46）	经济特区

2. 限购地区限行政策与分析

所有实行汽车限购的区域均针对燃油车实施不同程度的限行政策（表 29），主要分为两类：其一，是对外地车辆实施道路限行，工作日早晚高峰时间段或核心拥堵道路限行，如“开四停四”政策；其二，针对本市燃油车辆也实行通行限制，包括高排放车辆及部分道路限行、尾号“单双号”限行等，在空气污染严重时段，加大限行力度。当地政府制定限行政策的出发点依然是为了缓解交通拥堵以及环境压力。环境压力不严峻的城市，即使限购，也尚未针对燃油车辆提出具体的限行方案。

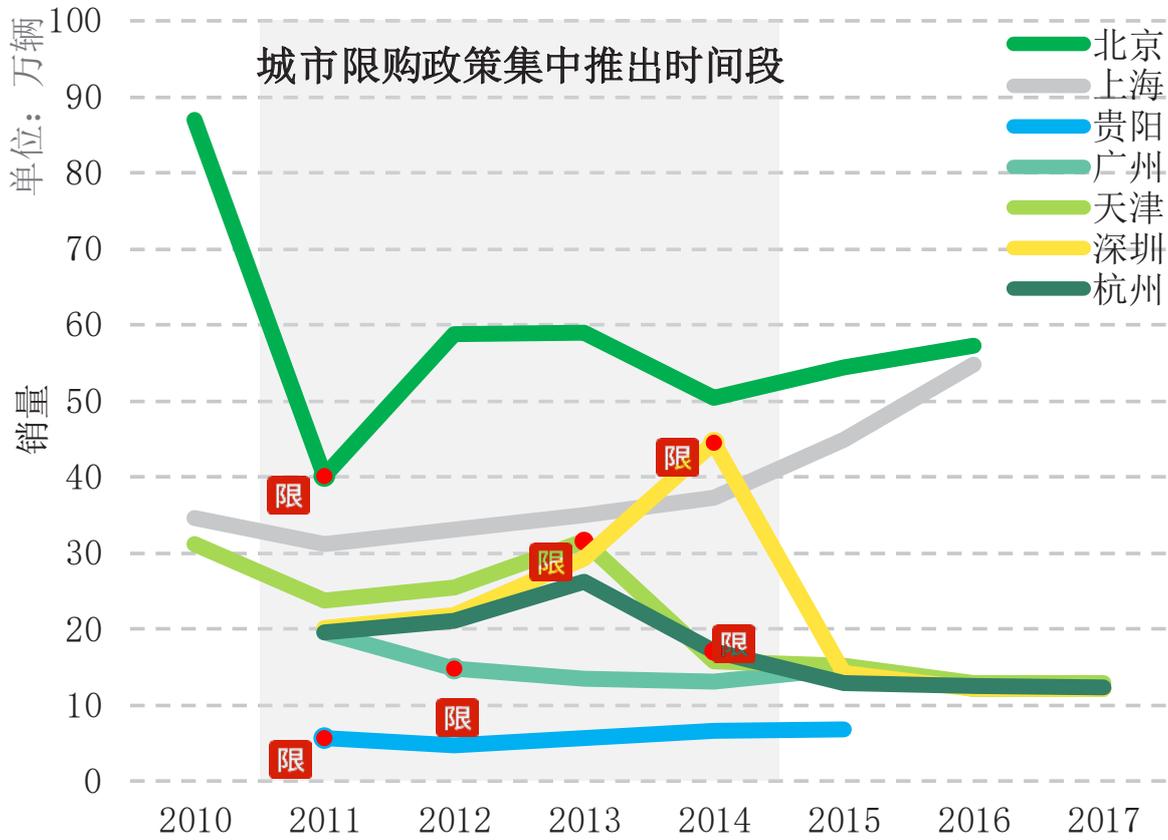
表 29 限购地区车辆通行管制情况

限购地区	针对燃油车辆的通行管制	针对外地车辆的通行管制
上海	暂无 (沪 C 牌照车辆只能在郊区驾驶)	工作日早晚高峰时间段高架内环限行
北京	国 I、国 II 轻型汽油车五环内限行；尾号限行，重污染时单双号限行；	工作日早晚高峰时间段五环及五环内道路限行
贵阳	尾号限行	实行“开四停四”政策
广州	暂无（预计 2020 年前国 II 及以下燃油车限行）	实行“开四停四”政策
天津	国 I、国 II 轻型汽油车工作日外环线以内道路限行；尾号限行	(除北京牌照) 工作日早晚高峰外环线以内道路限行；尾号限行
深圳	国 I 汽油车限行	工作日早晚高峰时间段全市范围限行
杭州	尾号限行	工作日早晚高峰时间段绕城高速内区域
海南	暂无，但海口在法定假日会设置限行	

数据来源：根据公开数据整理。

3. 限购对城市汽车市场的影响

限购影响了城市汽车新增量的产生，一些大城市由于汽车保有量大，即使限购，二手置换需求大，汽车新注册量仍不见减少，如北京、上海，但深圳、天津、广州、贵阳、杭州等城市在限购之后的第二年均实现了汽车销量下降，如图 40。



数据来源：中国汽车工业协会。

图 40 各城市限购政策实施前后新车销量变化

5

中国传统燃油汽车退出
时间表提出

5.1 传统燃油汽车与替代能源汽车的定义

本研究将传统燃油汽车 (ICEV) 定义为单纯使用汽油或柴油驱动车辆，包括搭载 48V 或自动启停技术的内燃机车，其替代能源汽车包括以下几类：

第一类：完全或部分使用天然气等替代燃料汽车，包括天然气汽车 (NGV)、天然气混合动力汽车 (NGHV) 等。

第二类：使用汽油或柴油，但采用汽柴油内燃机和电动机作为动力源，主要指混合动力汽车 (HEV)；

第三类：部分使用汽油或柴油，与外接电能进行联合驱动的汽车，主要指插电式混合动力汽车 (PHEV)，含增程式混合动力汽车；

第四类：不用汽油或柴油，完全以电或氢作为驱动能源的汽车，包括纯电动汽车 (BEV)、氢燃料电池汽车 (FCV) 等。

按照中国惯例分类，新能源汽车 NEV 包括 BEV，FCV 和 PHEV，但不包括 HEV 等。故在本研究里，替代能源汽车的范围要大于新能源汽车。

5.2 传统燃油汽车退出优先级次序

根据现有中央和地方交通运输及新能源汽车发展规划与鼓励性政策文件，汽车电动化发展思路坚持以公交车、出租车、分时租赁及网约车、邮政与轻型物流车、机场港口场内车、环卫车行业等领域先行。企事业示范单位公务用车也被鼓励先行。在技术发展层面，商用车尤其是中重型货车，在电动化及混合动力技术应用相对落后，因此，在传统汽车退出路线研究中，将不同车类按照以下优先级进行划分。

乘用车分为两个优先层级，PV1 与 PV2。PV1 包括出租车、网约分时租赁车，以及公务车，其中公务车主要指党政机关、国有企业用车；PV2 指私家车等。

商用车分为三个优先层级，CV1 主要包括城市公交、环卫、轻型物流、通勤、港口机场场内运输车等；CV2 主要包括其他中轻型专用车、中型物流车和普通客车等；CV3 主要包括中、重型货车等。

表 30 传统燃油汽车退出优先级划分

优先级	乘用车		商用车		
	PV1	PV2	CV1	CV2	CV3
车型类别	出租及分时 租赁车、网 约车	公务 车 私家车	城市公交、环卫、 城市轻型物流车、 场地车、通勤车	普通客车、专用车、城 际物流车	中、重型 营运货车

5.3 传统燃油汽车退出时间表提出依据

本研究基于全球及国内机构对新能源汽车技术与市场的预测、国家汽车产业及节能规划、各汽车企业未来新能源汽车发展目标与技术战略，通过广泛咨询专家，构建了中国汽车产业发展预测模型，确定传统燃油汽车退出“2050 未来情景”。基于先松后紧的原则，2020-2030 年节能与新能源汽车基于国家目标设定，而 2031-2050 年则基于“汽车石油消耗总量在 2040 年和 2050 年分别较峰值下降 55% 和 80%”来确定，提出燃油汽车退出时间表。

5.4 传统燃油汽车退出时间及路径

基于新能源汽车技术发展以及各个地区汽车产业及经济发展状况，本研究提出分区域、分车辆类型对传统燃油车进行禁售并引导退出。具体如表 31。

表 31 传统燃油汽车退出时间表

车型分类	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
乘用车 PV1-a	I、II	III	IV				
乘用车 PV1-b		I、II	III、IV				
乘用车 PV2			I、II	III	IV		
商用车 CV1	I、II	III	IV				
商用车 CV2			I	II	III	IV	
商用车 CV3				I	II	III	IV

注 1: I、II、III、IV 城市与区域的划分参考第四章第三节;

注 2: PV1-(a) 主要指出租车、网约分时租赁车等非公务用车;

PV1-(b) 指公务车, 主要指党政机关及事业单位用车;

PV2 主要指私家车等;

CV1 主要指城市公交、环卫、轻型物流、通勤、港口机场场内运输车等;

CV2 主要指其他中轻型专用车、中型物流车和普通客车等;

CV3 主要指中、重型货车等。

表 32 替代能源车型在退出时间表中的市场占比

车型分类	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
乘用车 -PV1-a	40% (30%)	80% (70%)	100% (91%)				
乘用车 -PV1-b		50% (30%)	100% (65%)				
乘用车 -PV2			77% (42.0%)	95% (60.0%)	100% (75.0%)		
商用车 -CV1	89% (80.5%)	94% (82.0%)	100% (83.5%)				
商用车 -CV2			40% (16.7%)	60% (24.0%)	82% (40.8%)	100% (69.5%)	
商用车 -CV3				40.5% (19.0%)	55% (24.0%)	79.5% (43.0%)	100% (69.5%)

注: 括号中数字为新能源汽车占比, 剩下的为其他替代能源汽车, 包括混合动力汽车, 天然气汽车。

1. 非私家车 (PV1) 退出

(1) 出租车与分时租赁车

出租车与分时租赁车 (PV1-a) 在行政命令主导下最先退出, 其中, 第一、二层级城市建议在 2020-2023 年左右退出, 第三、四层级城市建议依次在 2025 年、2030 年退出, 即 2030 年 PV1 类别中的传统燃油车将从新车市场全部退出, 主要替代方式是纯电动汽车, 还有少量的混合动力与燃气汽车 (图 41)。

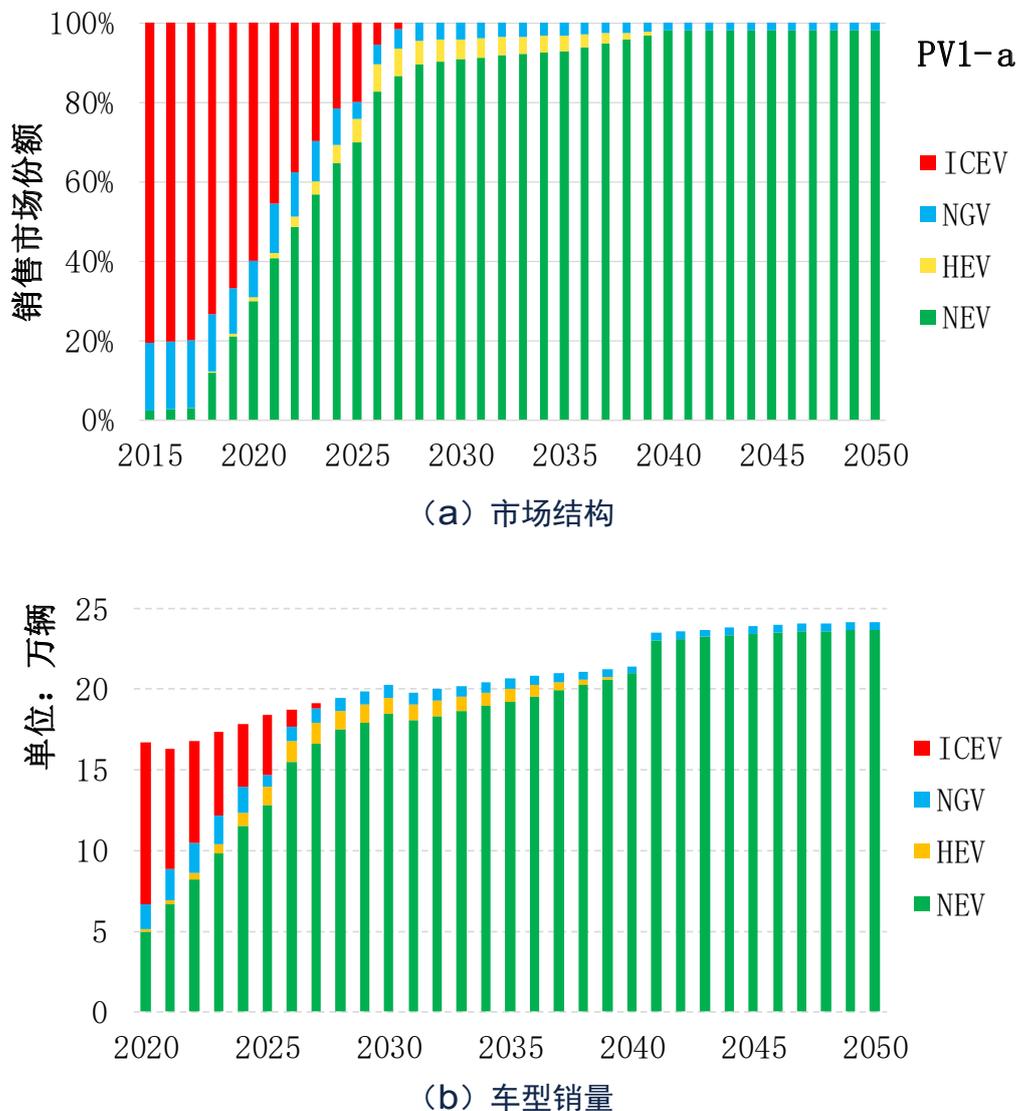


图 41 出租车与分时租赁车 (PV1-a) 替代与退出方案: 市场结构及销量

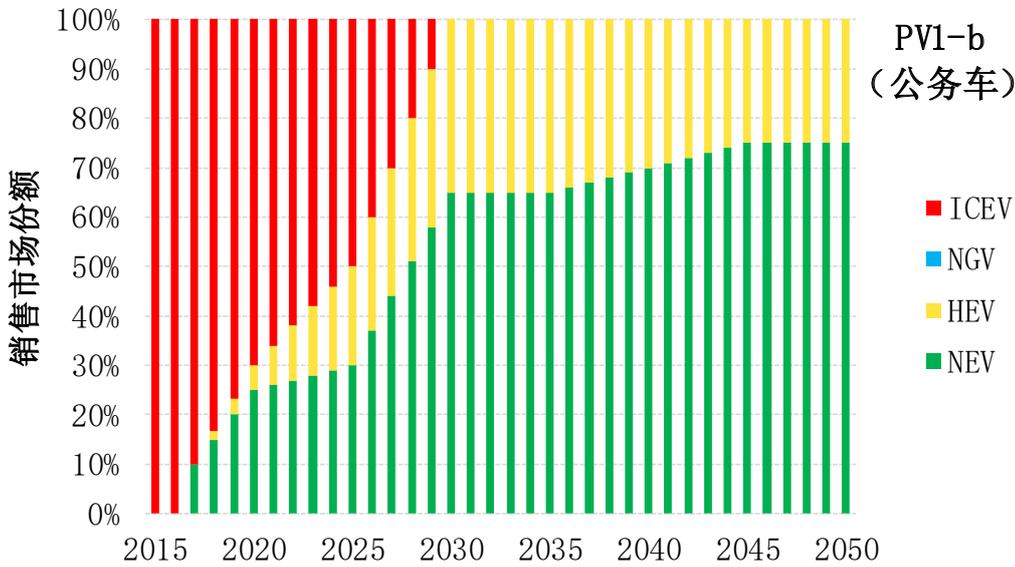


(2) 公务车

公务车 (PV1-b) 主要包括党政机关和事业单位用车, 由于考虑到公务车与城市内出租车 / 公交车管理性质有较多相同之处 (数量相对较少, 且政府容易管理), 因此淘汰传统燃油公务车的工作建议尽快开始, 利用十年左右时间彻底淘汰传统燃油公务车, 即到 2030 年左右, 公务车类别中将不再采购传统燃油车。

公务车退出的替代方案主要为混合动力与纯电动相结合, 考虑到公务车需要应对突发、紧急事件与极端条件, 部分地区自然条件恶劣 (如高海拔、极端低温), 不便使用电动汽车, 故不建议全国各地实行“一刀切”, 强行推广电动汽车作为公务车替代的唯一选择。预计至 2030 年, 公务车中 HEV 占比可达到 35%, BEV 和 PHEV 共占 65%, 如图 43。

根据本课题组对我国公务车总量的评估和推测, 目前全国公务车总量约为 300 万辆, 且在未来相当长一段时间内, 公务车总量将基本维持在此水平上。



(a) 市场结构

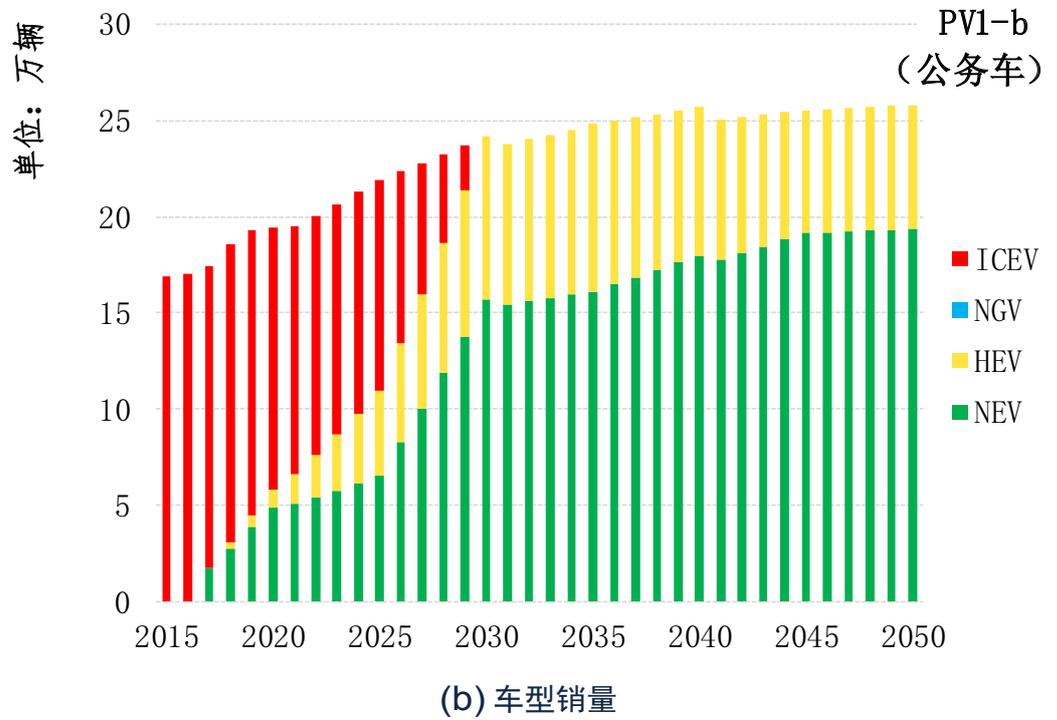
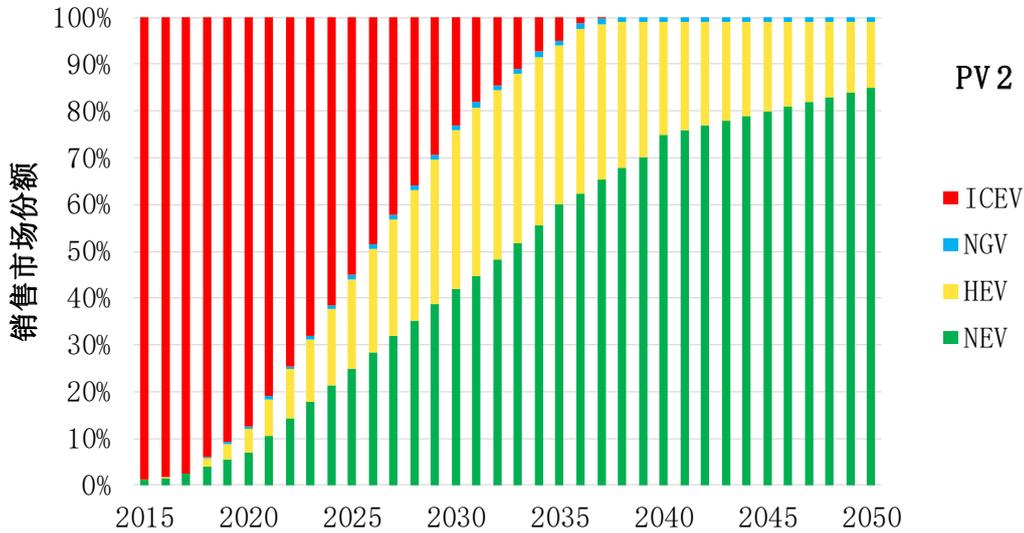


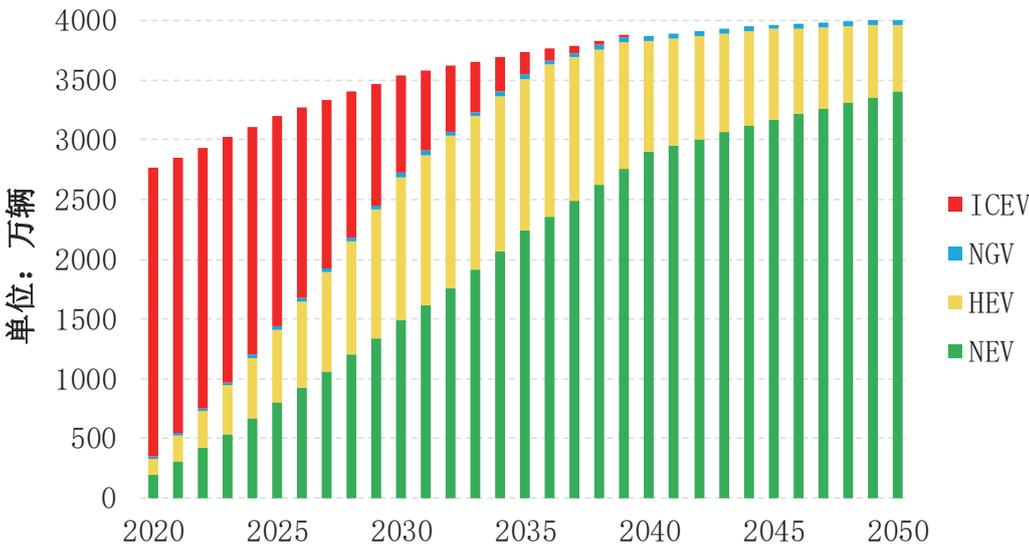
图 42 公务车 (PV1-b) 替代与退出方案：市场结构及销量

2. 私家车 (PV2) 退出

私家车作为乘用车的第二优先级车型 (PV2) 进行退出，其中，第一、二层级城市建议在 2030 年退出，第三、四层级区域预计分别在 2035 年、2040 年退出，即在 2040 年 PV3 层级车型实现传统燃油车全部替换。主要的替代方式是混合动力和纯电动汽车。届时，大部分燃油车均采用混合动力技术来大幅度降低油耗水平，单车油耗水平大约在 3.6-4.5 L/100km 左右；随着纯电动汽车成本下降及消费者意识的提高，大部分换车需求将从 HEV 转向 BEV，预计在 2050 年 HEV 比例在 14% 左右，而 BEV 将达到 85% 左右 (图 43)。



(a) 市场结构



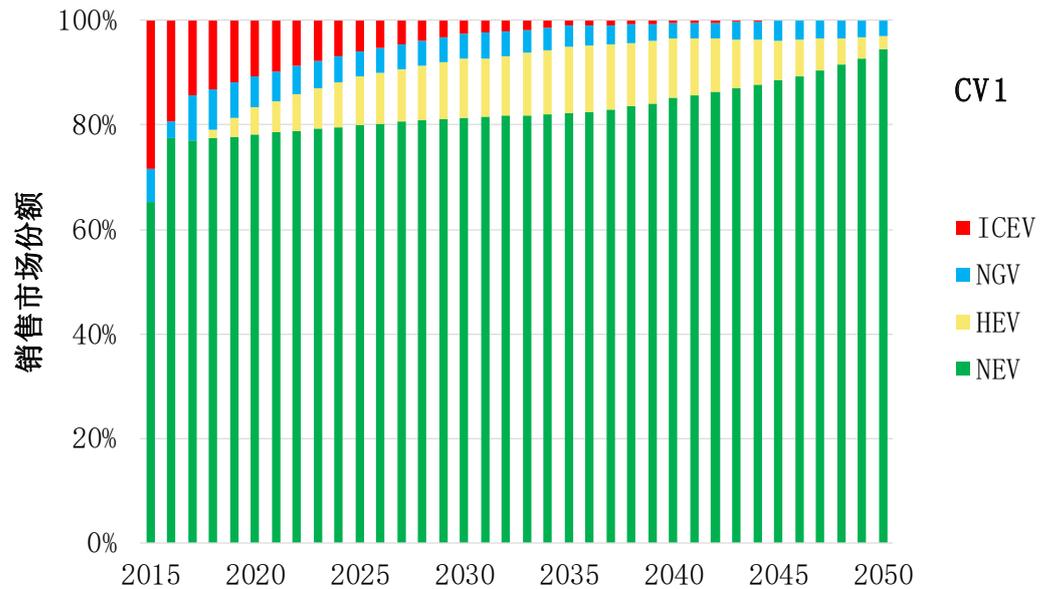
(b) 车型销量

图 43 私家车 PV2 替代与退出方案：市场结构及销量

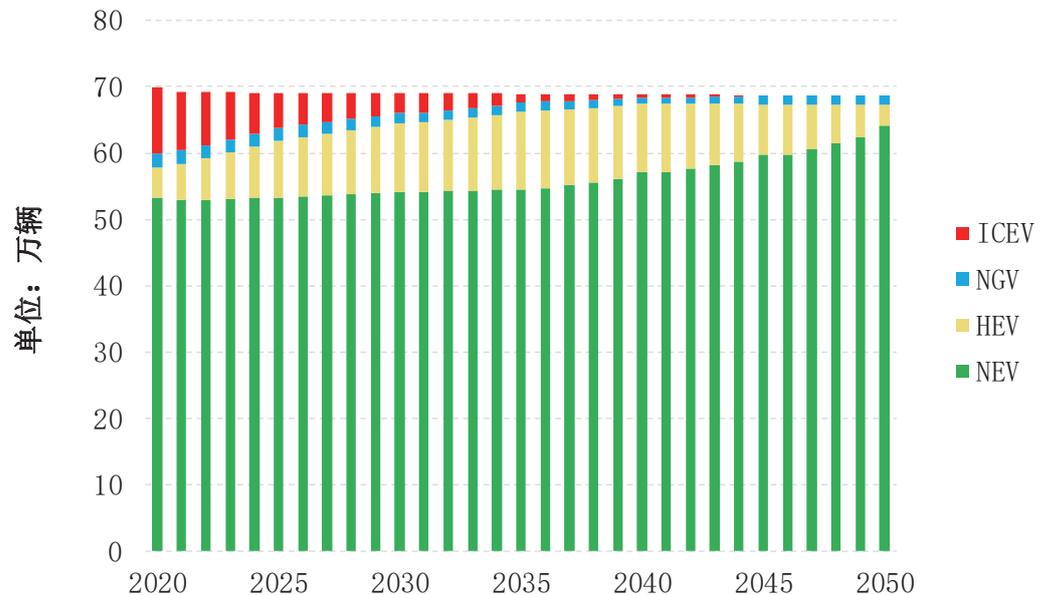
3. 城市公交、环卫、轻型物流等公共车辆 (CV1) 替代与退出

同样，受政策与政府主导，城市公交及环卫、城市轻型物流车、港口机场场地用车等公共车辆电动化进程加快，建议第一、二层级城市预计在 2020 年左右先行实现禁售；

第三、四层级城市预计能全部被新能源汽车或者混合动力车型替代，预计 2030 年可以实现新车市场传统燃油车的全部退出（图 44）。



(a) 市场结构



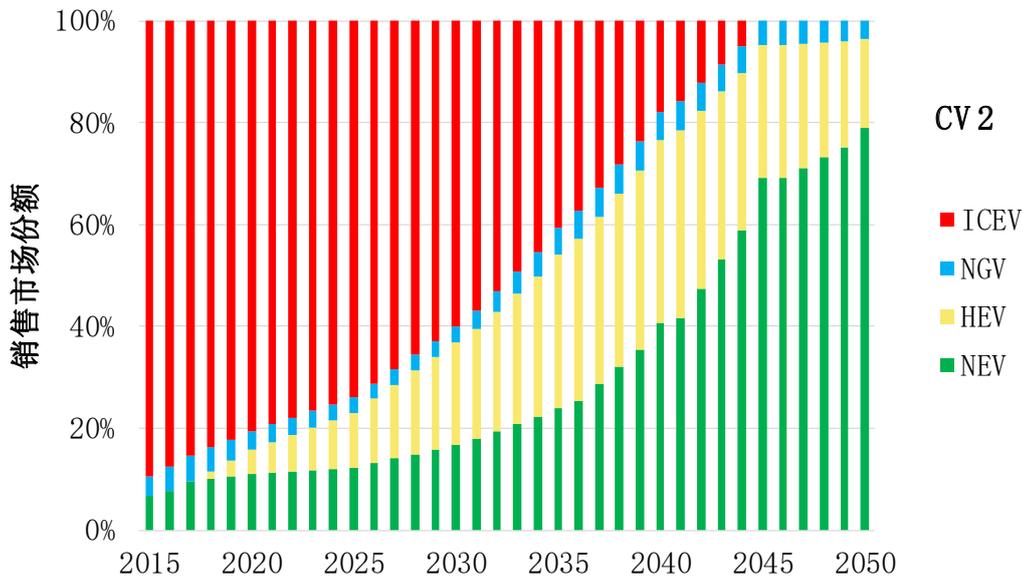
(b) 车型销量

图 44 商用车 (CV1) 的替代与退出方案：市场结构及销量

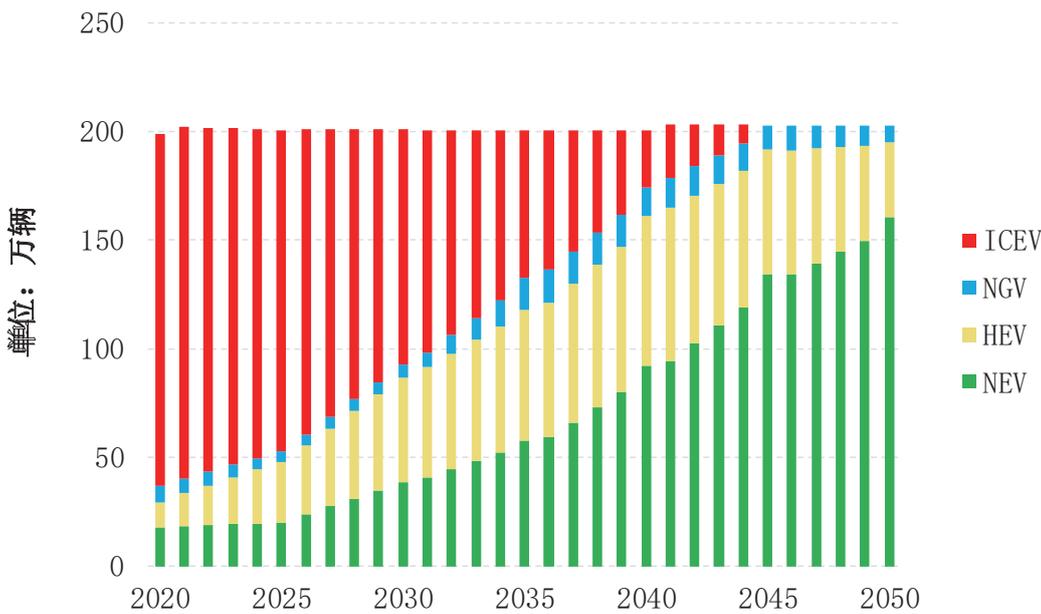


4. 普通客车、其他中轻型专用车及物流车等（CV2）替代与退出

普通客车、其他中轻型专用货车以及物流车在商用车领域作为第二优先级进行退出。其中，第一层级城市建议从 2030 年开始，二、三、四层级城市依次后推 5 年，预计 2045 年可以实现完全退出。主要替代方式为电动化、混合动力以及部分燃气汽车（图 45）。



(a) 市场结构



(b) 车型销量

图 45 商用车（CV2）的替代与退出方案：市场结构及销量

5. 中、重型货车（CV3）替代与退出

中、重型货车是商用车最后被替代与退出的车型，第一层级城市建议从 2035 年实现禁售与退出，2040 年在中等城市实现替代与退出，至 2050 年，在全国范围内（一些边远区域以及寒冷地区可不作要求）实现传统燃油车的全部替代与退出。中、重型货车的退出方式以燃料电池与纯电动替代为主，但天然气等替代燃料和混合动力的地位也不可忽略（图 46）。

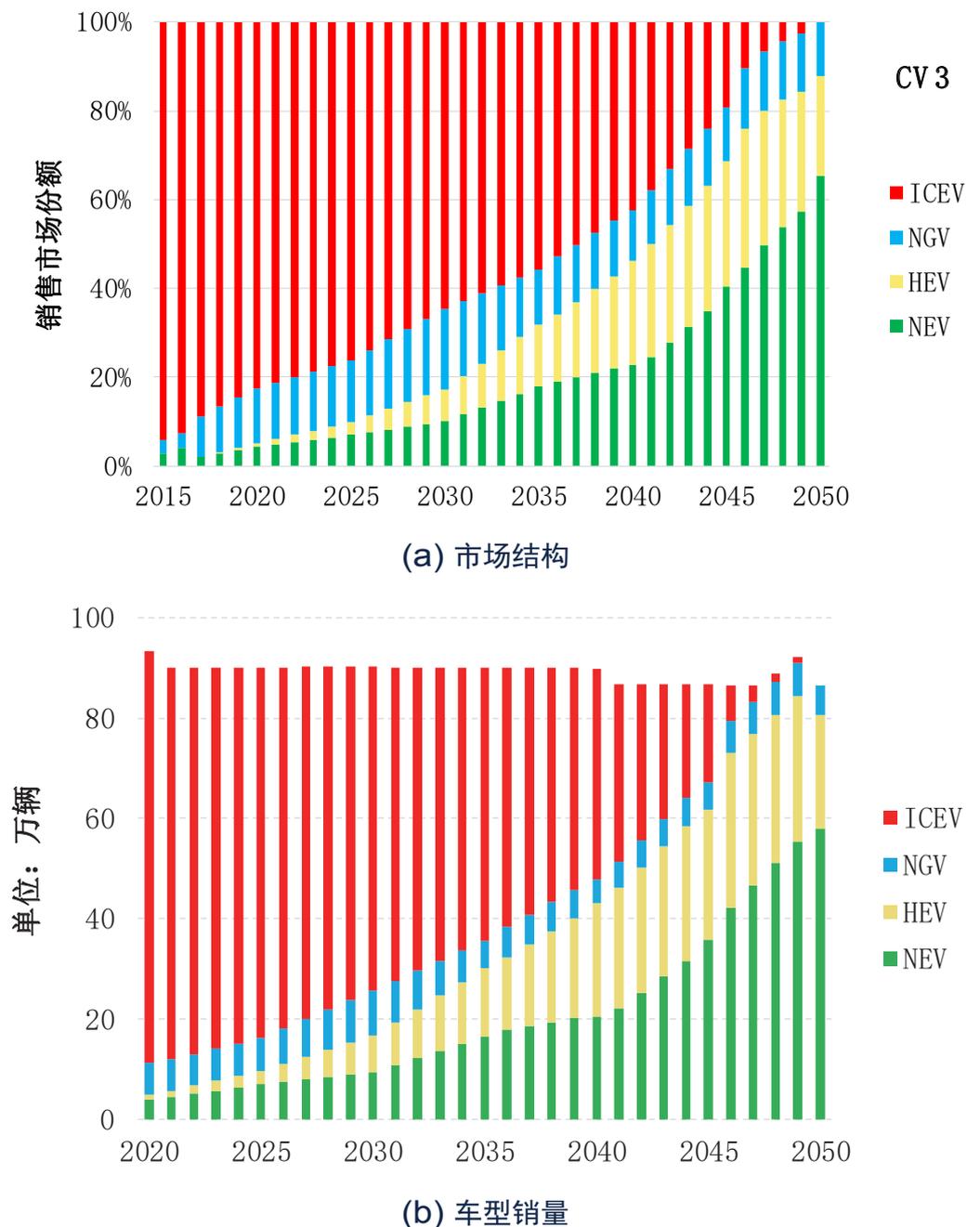


图 46 商用车（CV3）的替代与退出方案：市场结构及销量

6

中国传统燃油汽车退出的
的不确定性及建议

6.1 中国传统燃油汽车退出市场的不确定性

1. 政策到市场驱动转型

目前中国新能源汽车发展以政策驱动为主，大部分区域的城市公交、出租与分时租赁车、环卫等公共用车在政府主导下，新购与置换以新能源汽车为主；新能源私家车的推广也主要受补贴、不限购、不限行等政策推动。2016年乘用车单车补贴占购置成本大约20-35%，而公交车占比更高达50%左右；2017年7个限购城市新能源汽车销量占全国总销量的44%。从长远来看，新能源汽车技术的提升和市场的选择将会是影响其继续发展的关键所在，但随着补贴的退坡，在向市场驱动转型的过程中，企业动力与利益将大幅消弱，虽然《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》从供应侧要求企业生产/进口一定的新能源汽车比例，但需求侧消费行为往往受制于新能源汽车成本、产品技术成熟度与用车环境等因素，在短中期内从政策向市场转型过程中，存在较大的不确定性。

2. 新能源汽车技术发展

新能源汽车技术需要不断突破，以降低成本，使之在市场条件下，可与传统燃油车竞争，尤其是动力电池技术（约占纯电动汽车总成本的40%）。目前，动力电池技术路线以磷酸铁锂、三元锂电池为主，电池系统能量密度仍较低（目前普遍为110-170Wh/kg，远远低于化石燃料的比能量密度），寿命质保仅5年左右，成本也较高，在耐久性、环境适应性以及安全性方面均存在不足。未来新体系电池如锂硫电池、锂空气电池、固态电池等，预计具有更低成本和更高的能量密度，但这些技术目前尚处于基础研发阶段，其规模化应用仍然具有较大的不确定性²，同样，其他电机、电控技术及成本是否能够如期突破，将对传统燃油车的退出产生较大的影响。目前，多家机构均预测2030年左右电动汽车成本将与传统燃油汽车平衡^{65,66}。

3. 共享与智能化发展

共享化与智能化（尤其是自动驾驶）可能将导致未来汽车商业模式和所有权模式发生颠覆性的变化。波士顿咨询认为截至到2021年，中国市场约有1.2%的私家车将会被共享交通替代⁶⁴，中国汽车技术研究中心则大胆预测2050年自动驾驶与共享可导致



千人汽车保有量从 350 辆 / 千人下降到 190 辆 / 千人⁶⁵。共享与自动驾驶将大幅提升汽车的出行效率，并抑制因出行所产生的汽车需求，当然也面临着成本、技术、道路基础设施条件等多方面挑战，具有非常大的不确定性，其普及率对汽车保有量和出行方式也具有较大影响。

4. 汽车发展的外部环境

此外，传统汽车与新能源汽车的发展也受国内国际多种相关外部环境的影响，比如人口政策、经济形势、交通运输结构调整、基础设施完善、石油价格等，以上因素都会增加传统燃油汽车退出的不确定性。

6.1 新能源汽车快速发展的风险与问题

1. 稀有金属资源供应

动力电池对锂、钴、锰、镍等稀有金属的需求量大，其中，中国钴需求量约占世界一半以上，尤为短缺。中国既是贫钴大国，又是新能源汽车生产大国，动力电池所需钴元素短缺将严重影响新能源汽车尤其是纯电动汽车的发展。如果未能找到有效的替代元素，钴元素的短缺将持续影响中国的动力电池行业发展。此外，镍元素的缺口也不可小觑。由于动力电池发展路线中存在“增镍减钴”的发展方向，短期内镍元素的供应短缺现象可能将持续，甚至恶化。全球范围内，钴金属供应也不容乐观，据现有数据预测，未来三年全球钴金属供应缺口将达到 2.4 万吨¹⁰²。此外，镍元素也是当前供应十分紧缺的金属元素之一，2018 年镍供应缺口将达到 8.8 万吨¹⁰³。

2. 电池回收利用

2018 年后，新能源汽车动力电池开始进入规模化退役阶段，根据中汽协等机构的估计，2020 年预计将会有 60 GWh 的动力电池面临退役，总质量将达到 25.7 万吨¹⁰⁴。虽然动力电池可进行梯次利用，但目前电池厂商不愿意承担额外风险，倾向于直接拆解报废，另外动力电池型号繁杂，匹配难度大，梯次利用技术不成熟，承接市场尚

未得到完全开发，无法保证淘汰电池全部得到有效利用，因此，电池回收利用比例非常低。

另一方面，动力电池中锂钴锰等元素如若不妥善回收，将会对环境造成十分严重的危害。当动力电池回收水平无法匹配日益增长的动力电池报废数量时，路线图的阶段性目标将可能无法顺利实现。

3. 充电基础设施建设

虽然目前有政策¹⁰⁵在鼓励充电建桩，但现有充电设施数量仍然远无法满足电动汽车与插电式混合动力汽车的日常使用。当前充电桩的分布极不均匀，主要集中于限购城市及沿途高速，远远不能够满足新能源汽车快速发展的需求。除数量外，充电桩的布局、管理均存在较多问题，需要通过政策进一步引导。

电动汽车基础设施的匮乏是当前制约电动汽车市场发展的主要因素之一，相比于燃油车，电动汽车在电池能量密度方面有先天的弱势，如若不能实现方便、快捷地充电，对于市场（尤其对于尚未限购的城市市场）进一步接受电动汽车会造成明显的负面影响，初步估计将会导致路线图出现 5-10 年的推迟。

4. 传统车企转型与产能淘汰

2018 年 7 月，国家发改委发布了《汽车产业投资管理规定（征求意见稿）》，要求原则上不再投资建设国内市场的燃油汽车项目，现有传统汽车产能也需要向新能源汽车快速转型，从而带动整个汽车产业链的转型升级，包括生产经营模式、生产资料、人才储备等。

5. 电网负荷增加与智能化升级

随着电动汽车的大规模普及和推广，电动汽车无序充电预计将大幅增加电网负荷。根据国家电网与自然资源保护协会（NRDC）的研究¹⁰⁶，在无序充电情形下，2020 与 2030 年峰值负荷分别增加约 62% 与 58%，负荷高峰时段的充电行为将会加重配电网负担。电动汽车充电设施这一类大功率、非线性负荷的设备，由于布局分散，会产生很高的谐波电流和冲击电压；同时，还有部分用户私拉电线和飞线充电，都给电网公司配电侧管理带来了较大挑战。未来需引导有序充电，同时进行电网智能化升级以缓解电动汽车充电对电网负荷的冲击。

虽然分布式可再生能源基础设施可以对智慧电网起到一定的支撑作用，但也存在若干问题，如：光伏、风能等可再生能源基础设施使用效率严重依赖外界环境因素和当地气候条件，因此除个别地区外，能量转化率无法始终维持在较高的水平；同时当前技术尚无法突破转化效率的瓶颈（如当前光伏最高转化效率仅 17.3%¹⁰⁷，且尚处于实验室阶

段)，因此实际使用成本仍然较高。由于深入消费端，分布式可再生能源基础设施还存在维护成本高昂的问题。不同产品之间型号、构造有较大的差异，无法实施统一管理，因此有效利用率将随着使用年限的增长而不断走低。消费者也可能因后期的高额维护成本而放弃使用分布式可再生能源。

6.3 中国传统燃油汽车退出建议

无论是国际大环境的要求，还是国家能源安全、大气质量改善、产业结构转型等的需求，都必须加强对高污染、高排放的传统燃油车生产与销售的限制。因此对传统燃油汽车退出的驱动力、时间表与实施路线图及多维度影响进行深入的研究十分有意义，这将推动整个汽车行业朝着去油化、低碳化、清洁化的方向加速发展。

本研究对于中国传统燃油车退出提出以下建议：

1. 法规层面需明确传统燃油汽车退出的目标优先级。

传统燃油汽车退出将带来多方面直接或间接性收益，有助于实现国家能源安全保障、空气质量改善、温室气体减排、产业转型升级等目标，这些目标往往具有关联性，同时有其独特性。需在重要法规文件上体现出某一阶段传统燃油车退出的目标优先级，作为该阶段启动传统燃油汽车退出行动方案的基本指导方针，以便清晰准确地进行政策、技术与市场决策。

2. 深入论证传统燃油汽车禁售时间表，建立联合工作机制。

传统燃油汽车退出将对产业、区域经济、能源结构、环境等方面产生很大的影响，也对基础设施、资源需求、机制协调提出了很高的要求，需成立跨部门、跨行业的专家论证委员会，基于国家自身能源、环保、产业转型升级需求以及贸易、气候谈判、政治格局等国际定位，广泛征求利益相关方意见与建议，深入论证传统燃油车禁售的可行性及时间表，并从中央层面上提出禁售框架及战略性要求。工业和信息化部、国家发改委、交通运输部、生态环境部等部门要建立联合工作机制，高效协作。

3. 基于车型与使用场景分阶段、区域由点及面逐步禁售与退出。

中国汽车结构及使用场景较为复杂，技术成熟度及转型成本是传统燃油汽车退出的核心影响因素，因此，建议基于车型和使用场景分阶段分区域逐步退出。政府可主导的公共营运性车辆可先行退出，如城市公交、出租及分时租赁、环卫、邮政、场地用车、城市轻型物流专用车、公务车等；技术成熟度要求较高及市场主导型车型次之，如私家车；中重型经济营运性货车可待技术成熟且成本有竞争力的情况下再大力施行。

由于区域经济、产业、政策及消费者认知等方面的差异性，建议传统燃油汽车从城市试点开始，由点及面，中大型城市、重点区域省会城市率先进行汽车保有量控制与传统燃油车退出，进一步过渡到经济发达、汽车产业成熟、污染严重的区域，最后过渡到经济欠发达及汽车产业落后的区域。在落后区域及农村地区可以鼓励小型、低速、低成本电动汽车的推广，同时也需要落实相关的安全标准。

4. 地方层面根据自身条件评估申报，根据国家战略框架并制定具体行动实施方案，鼓励中大型城市提前实施。

在中央层面制定的时间表基础上，大中型城市及功能性区域可以根据本地经济、人口与汽车保有、汽车产业、资源情况、基础设施、地区规划，以及对交通拥堵和空气改善需求，在充分征求利益相关方意见的前提下，可申报提前或延后，实施燃油车禁售时间表，经中央联合工作组批复后，制定具体行动实施方案。鼓励创新型功能性的中大型城市可以提前实施禁售行动方案。

5. 评估退出方案对传统燃油汽车产业及产业链的影响，并提前引导。

中国传统燃油汽车产业及其产业链规模巨大，其退出势必对产能、资源、就业等多方面造成冲击与影响，需要做好充分评估，并提前进行规划与引导，包括妥善出台重组并购、财务支撑，就业安排及破产保护等措施。

6. 对新能源汽车技术发展及资源需求进行定期评估，识别潜在风险与存在的问题，提出解决方案。

对新能源汽车技术发展进行定期跟踪评估，识别潜在风险与问题，不断完善标准体系与管理规范、提高准入门槛，加强市场主导机制；同样需要定期评估资源需求，打通国际稀有金属供应渠道，确定新能源汽车所需稀缺资源的解决方案。此外，加大电池技术投入与支持，构建有效的电池回收利用体系，有序充电引导与智能电网升级，提前规划布局充电设施并加快建设。

7. 加强新能源车通行管理政策的研究和出台。

从消费端来看，通行便利是目前促进传统燃油车替换为新能源车的重要驱动因素，但未来随着燃油车的逐步退出，以及新能源汽车数量增大，新能源车的使用对城市交通运行也会带来较大影响，需要综合考虑各城市交通承载力和运行效率，加强新能源车通行管理政策的研究，并出台相关的管理机制。

8. 持续评估创新的科技与商业模式对石油消耗，交通排放及城市发展的影响。

共享汽车与出行、智能及无人驾驶、出行即服务（MaaS）等创新型科技与商业模式将直接影响汽车保有和交通出行需求，将加速传统燃油车退出进程，持续评估它们对石油消耗、交通污染物与温室气体减排及城市发展的影响。

9. 制定并完善实施政策和细则，持续评估政策影响力。

要提出具体推动传统燃油车退出的可执行实施的政策和细则，其中，惩罚性政策要有充分的法律依据，鼓励性政策也要符合实际，以避免重现历史教训。各个部门管理分工明确，协调一致。新能源汽车仍然处于政策与市场双驱动的阶段，需不断完善补贴及其财税扶持机制，商用车需着重营运补贴；严格并长期持续地实施油耗与新能源汽车双积分政策，评估油耗与新能源汽车积分间的交易是否合理有效；双积分机制逐步应用到商用车领域，分车辆类型逐步实施。评估其他新能源汽车政策实施的效果，根据效果进行及时有效的调整。

10. 制定存量燃油车退出引导政策，提升新能源汽车保有量占比。

本文模型基于新能源汽车市场占有率比例进行搭建，燃油机动车保有总量在今后较长的时间段中依然处于上升阶段。因此，有必要制定针对存量燃油车，尤其是早期节油能力较低的存量燃油车退出与更新的相关引导政策。但存量燃油车的退出涉及与公民私人财产权利的冲突，因此建议采用与前文类似的退出规则，即遵循“先单位、后个人；先发达地区，后全面开展”的理念，分地区、分类型、分阶段淘汰存量燃油机动车，进一步提升新能源汽车在总保有量中的占比。同时，还要制定合理有效的补偿规则，提升个人车主对私人燃油车退出政策的积极性和接受度。

致谢

本课题得到了油控研究项目其他子课题组的大力支持与帮助，包括中石化经济技术研究院、国家发改委能源研究所、美国劳伦斯伯克利国家实验室（LBNL）等，在此一并感谢。此外，对中国国际工程咨询有限公司专家学术委员会专家、工业和信息化部产业政策司原副巡视员李万里先生、清华大学中国车用能源研究中心欧训民副教授、中国汽车技术研究中心数据资源中心咨询本部总监助理任焕焕女士在本报告产生过程中提供的专业意见与建议，深表感谢。由于研究水平和精力有限，不足之处在所难免，欢迎各位读者提出宝贵的意见和建议，给予指导和帮助，为中国尽早跨越石油时代尽绵薄之力。



参考文献

1. 上海市新能源汽车公共数据采集与检测研究中心 .2017 上海市新能源汽车产业大数据研究报告 [R]. 上海交通大学出版社
2. 中国汽车工程学会, 节能与新能源技术路线图战略咨询委员会 . 节能与新能源汽车技术路线图 [R]. 2016.10
3. iCET.2017 中国乘用车燃料消耗量发展年度报告 [R], 2017
4. 李永昌 . 中国天然气汽车最新资讯 [Online].<https://www.china5e.com/news/news-985019-1.html>
5. UNCTAD. Second generation biofuel markets: state of play, trade and developing country perspective [Online]. <http://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=1455>
6. 国家能源局 . 关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案 [Online]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-09/13/content_5224736.htm
7. Department of Energy of USA, EV Everywhere: Grand Challenge Blueprint[Online], https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/everywhere_blueprint.pdf
8. Zero Emission Vehicle (ZEV) Program[Online], <https://arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevprog.htm>
9. 奥田修司 . EV・PHV普及に関する経済産業省の取組 [Online] <http://www.chademo.com/wp2016/wp-content/japan-uploads/2017GA/2017GAMETI.pdf>
10. German Federal Government' s National Electromobility Development Plan[Online], <http://www.bmvi.de/blaetterkatalog/catalogs/219118/pdf/complete.pdf>
11. WardsAuto. France targets 2 mln electric cars in 2020[Online]. <http://wardsauto.com/france-targets-2-mln-electric-cars-2020>
12. 上海市新能源汽车公共数据采集与检测研究中心 .2017 上海市新能源汽车产业大

数据研究报告 [R]. 上海交通大学出版社

13. UK Department of Transport. Road to Zero [Online].
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/739460/road-to-zero.pdf
14. Fred Lambert. Electric cars reach new 52% market share record in Norway thanks to Tesla's record deliveries[Online] “<https://electrek.co/2018/01/03/electric-car-market-share-norway-tesla-record-deliveries/>”
15. Jesper Berggreen. Norway Ready For 100% EVs By 2025 — But Please Don't Charge On Thursday Nights [Online]. <https://cleantechnica.com/2018/02/12/norway-ready-100-evs-2025-please-dont-charge-thursday-nights/>
16. John Vidal, Norway aims for zero-carbon status with all emissions offset by 2050[Online].<https://www.theguardian.com/environment/2007/apr/21/climatechange.climatechangeenvironment>
17. Ford Corporation. Sustainability Report 2016/17[R]. <https://corporate.ford.com/microsites/sustainability-report-2016-17/stories/electrification.html>
18. Liang Fei. Ford announces new ‘five-year plan’ in China [Online]. <http://www.globaltimes.cn/content/947483.shtml>
19. The Detroit News. GM plans to launch 10 electric cars in China by 2020[Online]. <https://www.detroitnews.com/story/business/autos/general-motors/2017/04/21/gm-electric-china/100761754/>
20. Elon Mask. 特斯拉宏图 [Online].<https://www.tesla.cn/blog/master-plan-part-deux>
21. Toyota. Special Feature 1 Toyota Environmental Challenge 2050[Online] http://www.toyota-global.com/sustainability/report/er/pdf/er16_02_en.pdf
22. 搜狐汽车 . 本田将全力发展新能源汽车 预计 2018 年推出 [Online].<http://auto.sohu.com/20170202/n479784109.shtml>
23. 日产发力新能源车，2022 年前推 8 款纯电动汽车 [Online]. http://www.sohu.com/a/226740767_123145
24. John Voelcker. BMW will have 25 electric cars, plug-in hybrid models by 2025[Online]. https://www.greencarreports.com/news/1114946_bmw-will-have-25-electric-cars-plug-in-hybrid-models-by-2025
25. 人民网 . 大众计划布局中国新能源汽车市场 [Online]. <http://industry.people.com.cn/n1/2017/1117/c413883-29651868.html>

26. BBC. Volkswagen plans electric option for all models by 2030[Online].<http://www.bbc.com/news/business-41231766>
27. 张阳 . 戴姆勒新能源计划 将投资 100 亿欧元建造工厂 [Online]. <http://ucheke.jrj.com.cn/2018/02/05102324061524.shtml>
28. Fred Lambert. Mercedes-Benz unveils aggressive electric vehicle production plan, 6 factories and a ‘global battery network’ [Online]. <https://electrek.co/2018/01/29/mercedes-benz-electric-vehicle-production-global-battery-network/>
29. 新华网 . 上汽集团 2020 年新能源汽车年产销 60 万辆 [Online]. http://www.xinhuanet.com/auto/2017-11/13/c_1121944195.htm
30. 网通社 . 北汽新能源五年规划曝光 产销将达 50 万辆 [Online]<http://www.diandong.com/news/2016010819608.shtml>
31. 易车网 . 比亚迪的 2018 计划 [Online]. <http://news.bitauto.com/hao/wenzhang/333765>
32. 比亚迪新厂投产 已占据美国纯电动大巴 80% 以上份额 [Online]. <http://tech.sina.com.cn/mobile/2017-10-09/doc-ifymrcmm9571477.shtml>
33. 徐和谊：北汽将在 2025 年全面停止产销自主品牌燃油车 [Online]. <http://auto.qq.com/a/20171209/010851.html>
34. 朱华荣：我害怕你们误解了长安“香格里拉计划” [Online]. <http://auto.sina.com.cn/news/hy/2017-10-30/detail-ifynhhay8642875.shtml>
35. ICCT. Global climate change mitigation potential from a transition to electric vehicles[R], https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_ghg-reduction-potential-eva_201512.pdf
36. Bloomberg New Energy Finance, New Energy Outlook 2017[R], 2017
37. Morgen Stanley, Bluepaper: On the Charge[R], 2017
38. Janene Pieters. NEW DUTCH GOVERNMENT’ S PLANS FOR THE COMING YEARS [Online]. <https://nltimes.nl/2017/10/10/new-dutch-governments-plans-coming-years>
39. Jess Staufenberg, Norway to ‘completely ban petrol powered cars by 2025[Online].<https://www.independent.co.uk/environment/climate-change/norway-to-ban-the-sale-of-all-fossil-fuel-based-cars-by-2025-and-replace-with-electric-vehicles-a7065616.html>
40. Fiona Harvey. Four of world’ s biggest cities to ban diesel cars from their centres [Online]. <https://www.theguardian.com/environment/2016/dec/02/four-of-worlds-biggest-cities-to-ban-diesel-cars-from-their-centres>
41. BBC. France set to ban sale of petrol and diesel vehicles by 2040

- [Online], <http://www.bbc.com/news/world-europe-40518293>
42. Shehab Khan, Germany pushes to ban petrol-fuelled cars within next 20 years [Online]. <https://www.independent.co.uk/news/world/europe/germany-petrol-car-ban-no-combustion-diesel-vehicles-2030-a7354281.html>
 43. Anushka Asthana & Matthew Taylor, Britain to ban sale of all diesel and petrol cars and vans from 2040 [Online]. <https://www.theguardian.com/politics/2017/jul/25/britain-to-ban-sale-of-all-diesel-and-petrol-cars-and-vans-from-2040>
 44. A Nation with Ambition: The Government' s Programme for Scotland 2017-18[Online]. <http://www.gov.scot/Publications/2017/09/8468>
 45. CarAndBike Team, India Aims to End The Sale Of Petrol And Diesel Cars By 2030[Online], <https://auto.ndtv.com/news/india-aims-to-end-the-sale-of-petrol-and-diesel-cars-by-2030-1687721>
 46. 国务院, 关于支持海南全面深化改革开放的指导意见 [Online]. http://www.gov.cn/zhengce/2018-04/14/content_5282456.htm
 47. 台湾确定 2035 年将禁止燃油机车贩售、2040 年禁止燃油汽车贩售! [Online] http://www.sohu.com/a/213223909_99989988
 48. Israel aims to eliminate use of coal, gasoline and diesel by 2030[Online], <https://www.timesofisrael.com/israel-aims-to-eliminate-use-of-coal-gasoline-and-diesel-by-2030/>
 49. Could Ireland ban petrol and diesel cars? Your questions answered[Online], <https://www.independent.ie/irish-news/news/could-ireland-ban-petrol-and-diesel-cars-your-questions-answered-35973345.html>
 50. Rome latest city to announce car ban, will ban diesel cars from historical center starting 2024 [Online]. <https://electrek.co/2018/02/28/rome-bans-diesel-cars-2024/>
 51. International ZEV Alliance Announcement [Online]. http://www.zevalliance.org/wp-content/uploads/2015/12/ZEV-Alliance-COP21-Announcement_12032015.pdf
 52. C40 Cities, Fossil Fuel Free Streets Declaration, <https://www.c40.org/other/fossil-fuel-free-streets-declaration> [Online]
 53. IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change[R], <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/> 2014.
 54. Clean Energy Wire Germany' s greenhouse gas emissions and climate targets[Online], <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate->



targets

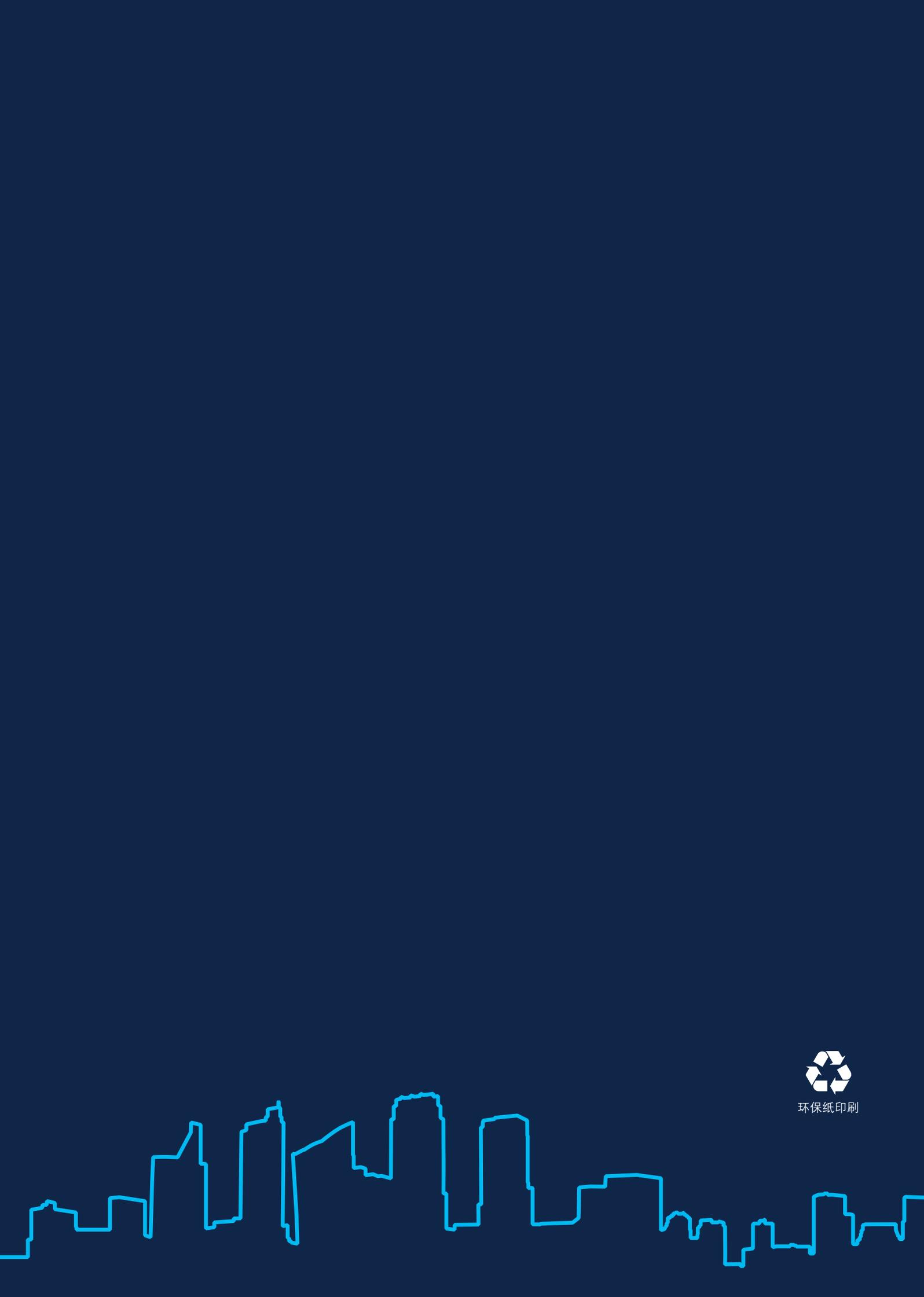
- 55. European Commission, Fossil CO₂ & GHG emissions of all world countries[R], 2017, [http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO₂andGHG1970-2016&sort=des8](http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2andGHG1970-2016&sort=des8)
- 56. UK government, Ultra-Low Carbon Vehicles in the UK[R], <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20100104191157/http://www.dft.gov.uk/adobepdf/187604/ultralowcarbonvehicle.pdf>
- 57. EU White Paper on Transport. https://ec.europa.eu/clima/policies/international/paris_protocol/transport_en
- 58. 工业与信息化部, 2017 年汽车工业经济运行情况 [R]. <http://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057585/n3057592/c6011430/content.html>
- 59. 交通部科学研究院 . 2017 新能源公交车年度报告 [R]. 2017
- 60. 中国石油经济技术研究院 . 2018 年国内外油气行业发展报告 [R]. 石油工业出版社 . 2019.01
- 61. 中国汽车技术研究中心 . 中国节能与新能源汽车研究报告 2017[R]. 2017.10
- 62. 国家统计局 . 国家数据查询 [Online]. 2018. <http://data.stats.gov.cn/>
- 63. 中国汽车工程学会 . 中国汽车行业中长期发展趋势及用能需求预测模型研究 [R]. 2017.03
- 64. 贝恩咨询 . 中国出行行业引擎加速 [R], <http://img3.iyiou.com/Editor/image/20180525/1527229293454599.pdf>
- 65. BCG. What’ s Ahead for Car Sharing?[R] <https://www.bcg.com/publications/2016/automotive-whats-ahead-car-sharing-new-mobility-its-impact-vehicle-sales.aspx>
- 66. 中国汽车技术研究中心有限公司 . 中国传统汽车和新能源汽车发展趋势 2050 研究 [R]. 2018.10
- 67. 国务院发展研究中心产业经济研究部, 中国汽车工程学会, 大众汽车集团(中国) . 2018 中国汽车产业发展报告 [R]. 2018.10
- 68. 2017 年度中国新能源公交车推广应用研究报告 [R]. 2018.08
- 69. Ou X, Zhang X, Chang S. Scenario analysis on alternative fuel/ vehicle for China’ s future road transport: Life-cycle energy demand and GHG emissions[J]. Energy policy, 2010, 38(8): 3943-3956.
- 70. Wu Y, Yang Z, Lin B, et al. Energy consumption and CO₂ emission impacts of vehicle electrification in three developed regions of China[J]. Energy Policy, 2012, 48: 537-550.
- 71. 国家能源局, 中国电动汽车百人会发言稿 [C].2019.01

72. 国家发改委能源研究所、国家可再生能源中心、自然资源保护协会 . 电动汽车在上海市电力系统中的应用潜力研究 [R].2016. <http://nrdc.cn/information/informationinfo?id=63&cook=2>
73. 中国汽车技术研究中心 . 中国节能与新能源汽车研究报告 2017[R], 2017.10
74. Hao H, Wang HW, Ouyang MG, Cheng F. Vehicle survival patterns in China [J]. Science China, 2011 (54): 625-629.
75. Marklines, 汽车销量速报 2018 年 [Online]. https://www.marklines.com/cn/statistics/flash_sales/salesfig_china_2018
76. 中国汽车工程研究院 . 中国节能汽车蓝皮书 [R].2017.
77. 中国国家标准化管理委员会, 乘用车燃料消耗量评价方法及指标 (GB 27999-2014) [Online]. <http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1653018/c3780606/part/3780613.pdf>
78. iCET. 乘用车实际油耗与工况油耗差异年度报告 2017[R]. 2017 <http://www.icet.org.cn/admin/upload/2018010937046877.pdf>
79. ICCT, From Laboratory to Road International[R], 2017. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Lab-to-road-intl_ICCT-white-paper_06112017_vF.pdf
80. 秦兰芝, 康利平 . 汽车节能管理更需关注实际油耗 [Online] http://www.cnautonews.com/gd/zl/201804/t20180403_583067.html
81. 北京交通发展研究院 . 2016 北京市交通发展年度报告 [R]. 2016.08. http://www.bjtrc.org.cn/InfoCenter/NewsAttach/2016%E5%B9%B4%E5%8C%97%E4%BA%AC%E4%BA%A4%E9%80%9A%E5%8F%91%E5%B1%95%E5%B9%B4%E6%8A%A5_20161202124122244.pdf
82. 广州日报, 中国人买车用车积极性超美德日 [Online]. www.caam.org.cn/shichang/20160627/1405194530.html
83. Tianduo Peng, Xunmin Ou, Zhiyi Yuan et al. Development and application of China provincial road transport energy demand and GHG emissions analysis model [J]. Applied Energy 222 (2018)313-328.
84. 王贺武 . 京津冀地区电动汽车电耗季节性变化与污染物减排 [C]. 2018
85. 中国电力企业联合会, 中国煤电清洁发展报告 [R]. 2017 <http://www.cec.org.cn/zhuanti/2017nianzhuanti/zhongguomeidianqingjiefazhanyuhuanjingyingxiangfabuyantaohui/yaowen/2017-09-22/173384.html>
86. 能源基金会, 电是烧煤带来的 电动车还能比汽油车 “清洁” ? [Online], <http://www.efchina.org/Blog-zh/blog-20180627-zh>

87. 应高祥, 陆永琪, 郝吉明等. 北京城市大气污染源的暴露效率研究. 城市环境与城市生态 [J]. 2002(15):33-35
88. 中国汽车工程学会. 汽车生命周期温室气体及大气污染物排放评估报告 [R]. 2018 http://www.xinhuanet.com/auto/2018-09/04/c_1123374850.htm
89. 中国汽车技术研究中心数据资源中心. 中国低碳汽车行动计划书 [Online]. 2018
90. 北京市大气污染防治条例 [Online]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%8C%97%E4%BA%AC%E5%B8%82%E5%A4%A7%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E9%98%B2%E6%B2%BB%E6%9D%A1%E4%BE%8B>
91. iCET. 新能源汽车市场开放指数报告 2018[R]. 2018 <http://icet.org.cn/admin/upload/2018060458306985.pdf>
92. 交通运输部. 关于加快绿色循环低碳交通运输发展的实施意见 [Online]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2013/content_2466586.htm
93. 深圳市政府. 深圳市 2017 年新能源汽车推广应用财政支持政策 [Online]. http://www.sz.gov.cn/zfgb/2017/gb1016/201708/t20170816_8142020.htm
94. 北京市人民政府. 北京市电动汽车推广应用行动计划 (2014-2017 年) [Online]. http://www.most.gov.cn/dfkj/bj/zxdt/201407/t20140703_114070.htm
95. 中国清洁空气联盟. 太原市电动出租车推广案例分析及对其他城市的建议 [R]. 2017 <http://www.efchina.org/Attachments/Report/report-cemp-20170928-2-zh/%E5%A4%AA%E5%8E%9F%E5%87%BA%E7%A7%9F%E8%BD%A6%E6%8E%A8%E5%B9%BF%E6%A1%88%E4%BE%8B%E5%88%86%E6%9E%90%E5%8F%8A%E5%AF%B9%E5%85%B6%E4%BB%96%E5%9F%8E%E5%B8%82%E7%9A%84%E5%BB%BA%E8%AE%AE%E6%8A%A5%E5%91%8A.pdf>
96. 西安市人民政府. 西安市人民政府关于印发《西安市“铁腕治霾·保卫蓝天”三年行动方案(2018—2020年)》及《西安市2018年“铁腕治霾保卫蓝天”“1+2+22”组合方案(办法)》的通知 [Online]. http://www.xa.gov.cn/ptl/def/def/index_1121_6774_ci_trid_2928728.html
97. ICCT. 中国城市新能源乘用车激励政策评估 [R]. 2018
98. 中国电动汽车充电基础设施促进联盟. 充电联盟充电设施统计汇总 [Online]. 2018 <http://www.evpartner.com/news/7/detail-37676.html>
99. 2017 年中国电力发展形势及 2018 年展望 [Online]. <http://www.chinapower.com.cn/informationzxbg/20180209/104962.html>
100. 国家气候战略中心. 2010 年中国区域及省级电网平均二氧化碳排放因子 [Online]. <http://www.cec.org.cn/d/file/huanbao/xingyexinxi/qihoubianhua/2014-10-10/5fbc57bcd163a1059cf224b03b751d8>.

pdf

101. 百度地图 . 百度地图 2018 年 Q1 中国城市研究报告 [R], 2018 <https://huiyan.baidu.com/reports/2018Q1.html>
102. 未来三年钴金属供应缺口达 2.4 万吨 产业链整体受益明显 [Online]. <http://www.es.cn.com.cn/news/show-625446.html#>
103. 电动汽车需求增长强劲 2018 年全球镍供需缺口将超 8.8 万吨 [Online]. <http://www.itdcw.com/news/hangyeshuju/061Y2S42018.html>
104. 史晨星 . 下一个风口? 动力电池回收最全面分析 [Online]. <https://www.d1ev.com/kol/66141>
105. 国家能源局 . 电动汽车基础设施发展指南 (2015-2020) [Online]. http://www.nea.gov.cn/134828653_14478160183541n.pdf
106. 自然资源保护协会, 国网研究院 . 电动汽车发展对配电网影响及效益分析 [R]. 2018.07
107. Meng L, Zhang Y, Wan X, et al. Organic and solution-processed tandem solar cells with 17.3% efficiency[J]. Science, 2018, 361(6407): 1094-1098.



环保纸印刷