



封面故事

“绿水青山就是金山银山”。汽车作为人与自然链接的纽带,可以让“绿水”常流,“青山”常在。

《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》报告封面以汽车的全生命周期为主线,融入了“绿水”、“青山”、“人与自然和谐共生”等概念,这表明汽车在为人类提供舒适、便捷和安全的同时,也是兼具绿色、低碳和清洁的属性。

伴随着汽车的低碳化发展,汽车的内涵将无限延伸,影响着人类生产和生活的方方面面,并推动着汽车全产业链的碳中和变革。“中国汽车低碳行动计划”将引领汽车行业向全生命周期净零排放迈进。

中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)

CHINA AUTOMOBILE LOW CARBON ACTION PLAN (CALCP) RESEARCH REPORT 2021

研究技术支持单位(排名不分先后):联合国环境规划署, 世界经济论坛, 世界资源研究所, 世界钢铁协会, 阿美亚洲, 剑桥大学, 英国诺丁汉大学, 加州大学戴维斯分校, 南丹麦大学, 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 国家发改委能源研究所, 中汽中心汽车标准化研究所, 中国电力企业联合会, 新能源汽车国家大数据联盟, 上海市新能源汽车公共数据采集与监控研究中心, 清华大学, 北京大学能源研究院, 中科院城市环境研究所, 中国石油大学, 北京理工大学, 北京师范大学, 北京工业大学

前言

大量科学证据表明人类活动产生的温室气体尤其是工业革命以来排放的大量温室气体是造成目前全球气候异常的重要原因。为应对气候变化,《巴黎协定》明确规定到本世纪末把全球平均气温升幅较工业革命前控制在2°C以内,并努力把升幅控制在1.5°C内。为实现气温目标,各缔约方应在平等的基础上,在本世纪下半叶实现温室气体源的人为排放与汇的清除之间的平衡,即“碳中和”。2020年9月22日,国家主席习近平郑重宣布中国二氧化碳排放力争于2030年前达峰,努力争取2060年前实现碳中和。

作为我国的国民经济支柱性产业,汽车行业的碳排放具备碳排放总量增长快、全产业链带动性强和单车碳强度高三个重要的特征,同时也存在汽车碳排放标准政策缺失、自主品牌碳中和概念模糊、低碳竞争力薄弱等诸多问题。我国“30·60”双碳目标的提出,是我国积极参与国际气候治理、彰显大国担当的实际需要,也是汽车行业转型升级、实现绿色低碳高质量发展的重要契机。在我国各行业迈向净零排放的过程中,汽车行业应该充分发挥其引领和带动作用,选择合适的路径,牵引和推动整个汽车上下游产业链的脱碳进程,从而实现我国的自主品牌由大转强。

自2018年中汽数据有限公司(以下简称“中汽数据”)组织成立世界汽车生命周期联合研究工作组(World Automotive Life Cycle Assessment Working Group, WAL-CA),发起“中国汽车低碳行动计划(China Automobile Low Carbon Action Plan, CALCP)”以来,已连续四年核算并发布汽车全生命周期碳排放的研究成果。

2021年,中汽数据联合22家国内外机构,开展《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》的研究工作。在本研究报告中,首先,基于汽车生命周期评价模型(CALCM),针对2020年中国境内销售的乘用车,开展单车和车队全生命周期的碳排放核算,分析中国现阶段乘用车单车和车队的生命周期碳排放水平。其次,设置了现有政策情景、中度减排情景和强化减排情景三种情景,并选取电网清洁化、车辆电动化、材料效率、车辆生产能效、动力蓄电池碳排放、车辆使用能效、替代燃料和消费模式等八种减排路径,进行了三种情景下2025年、2030年、2050年和2060年的单车和车队的生命周期碳排放预测和分析。最后,基于研究结果,针对不同发展时期,为我国汽车行业碳中和提出了若干条对策建议,以期为政府部门、行业组织、汽车企业和个人等开展碳中和相关工作提供参考。

编委会

EDITORIAL BOARD

主 编	冯 屹
副 主 编	惠怡静 张 鹏
	赵冬昶 徐树杰
主要执笔人	孙 铎 赵明楠 李建新
	李家昂 张红杰 张铜柱
	孙枝鹏 钱 冰 刘焕然
	薛兴宇 刘春辉 李 阳
	康医飞 张 妍 张 廷
	(排名不分先后)

EXPERT TEAM INTRODUCTION

专家团队介绍 *按照姓氏字母顺序排列



姓名	机构名称
Amir F. N. Abdul-Manan	阿美亚洲
Jon McKechnie	英国诺丁汉大学
Russell T. Balzer	世界汽车用钢联盟
柴麒敏	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
陈伟强	中科院城市环境研究所
邓钧君	北京理工大学
丁晓华	上海市新能源汽车公共数据采集与监控研究中心
龚慧明	能源基金会
龚先政	北京工业大学
何鹏	世界经济论坛
姜克隽	中国宏观经济研究院能源研究所
蓝艳	“一带一路”绿色发展国际联盟
李俊峰	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
刘刚	南丹麦大学
刘纪新	联合国环境规划署
马爱民	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
马翠梅	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心
孟凡然	剑桥大学
王灿	清华大学
王云石	加州大学戴维斯分校
薛露露	世界资源研究所
薛兴宇	阿美亚洲
杨富强	自然资源保护协会
张力小	北京师范大学
张卫东	中国电力企业联合会
张祥	北京理工大学
郑馨竺	中国石油大学(北京)
钟绍良	世界钢铁协会
周丽波	中国电力企业联合会

MESSAGES FROM EXPERTS

专家赠言

*按照姓氏字母顺序排列



Amir F. N. Abdul-Manan

沙特阿美, 交通战略高级科学家

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》强调了应用全生命周期方法来评估乘用车碳排放的重要性。报告通过多方合作的形式,为推动中国汽车碳排放法规向全生命周期净零排放迈出了坚实的一步。该报告探讨了不同的能源和动力系统对乘用车碳排放的影响,揭示了乘用车碳减排需要着手于从低碳能源的生产到高效动力总成技术的各个方面。它表明基于全生命周期碳排放的乘用车技术开发,例如使用清洁合成燃料配合高效混合动力系统,将会为汽车行业的绿色低碳发展带来更加显著而深远的意义。”



陈伟强

中国科学院城市环境研究所, 研究员

“由中汽数据有限公司领衔完成的《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》具有重要意义。该研究基于大量的数据调研和分析,全面系统地回溯和预测了不同生产年份、车龄、燃料类型的乘用车的碳排放特征和碳减排潜力,为“双碳”目标背景下汽车行业碳减排策略的制定提供了坚实的数据基础和决策支持,为推动我国交通行业的低碳转型和可持续发展提供了重要科学依据。”



邓钧君

北京理工大学机械与车辆学院, 特别副研究员

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》以我国汽车产品低碳竞争力为切入点,分析了汽车行业转向绿色低碳发展的紧迫性;基于详实的基础数据,建立了单车、车队和企业的生命周期碳排放核算方法,并依据模型测算结果对汽车行业碳中和提出了重点路径及其政策建议,对推动汽车产业实现双碳目标具有重要意义。”



丁晓华

上海市新能源汽车公共数据采集与监控研究中心, 副主任

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》是一份聚焦中国乘用车全生命周期碳排放的专业研究报告。它有助于世界了解中国乘用车的碳排放现状, 也有助于通过国际对标, 让中国知道世界乘用车碳排放的变化。汽车低碳目标的实现, 需要这样的研究报告。”



龚慧明

能源基金会, 中国交通项目高级项目主任

“十四五期间是构筑行业碳排放模型和数据基础的关键时期, 这将为十五五大力推进行业碳排放管理和减排打下坚实的基础。汽车行业作为交通行业中的耗能大户, 且是各行业中持续快速增长的行业。在汽车行业推进低碳行动不单将有力支持国家2030年左右碳排放达峰的目标, 也将有利于2030年后碳排放总量的快速下降。有别于以往从上往下按照不同能源品种消耗核算碳排放总量, 从下往上开展相关分析更有利于紧密结合管理措施研究和相关减排潜力的分析, 同时全生命周期分析的角度将更有利于对问题和挑战全面系统的理解和解决。希望中汽数据有限公司的研究能够不断突破, 为中国汽车行业低碳发展、技术进步提供更好的管理支持。”



龚先政

北京工业大学, 教授

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》秉承生命周期理念, 在中国乘用车碳排放核算方法、模型、基础数据等方面开展了大量细致的开拓性研究, 系统性应用于中国乘用车、企业、行业的碳排放核算和预测, 对全面解读中国乘用车行业生命周期碳资产管理具有重要指导意义, 为汽车行业实现碳达峰、碳中和目标提供了重要参考和技术路径方向。”

MESSAGES FROM EXPERTS

专家赠言

*按照姓氏字母顺序排列



何 鹏

世界经济论坛, 中国区总监

“电力, 制造, 和交通是目前中国二氧化碳排放的主要贡献部门。汽车产业是既是支柱制造产业, 同时也是能源的消纳主体, 还是交通部门碳排放的主体, 对实现全面的碳达峰和碳中和目前将起到至关重要的作用。汽车产业是全球化趋势的受益行业, 同时也面临着激烈的全球化竞争。全产业链的低碳化发展将成为世界汽车产业的新的发展趋势, 产业链的参与者应当提前布局规划。《中国汽车低碳行动计划研究报告》以数据为基础, 建立基于全生命周期的碳足迹核算体系, 为行业提供低碳可持续发展的参考和指导, 对于实现产业的全面脱碳及完善循环经济模式提供了发展思路。世界经济论坛意识到, 实现向汽车产业循环经济的转型必须通过行业监管机构与产业的共同合作与努力, 并在2020年达沃斯年会上发起了“汽车产业循环经济倡议”。中国是全球最大的汽车市场, 必将在低碳化与循环经济领域主导产业创新发展。希望《中国汽车低碳行动计划研究报告》能够引起更多行业对于低碳化发展的创新思考, 摸索与实践, 促进汽车与能源, 交通领域的跨界协同发展。世界经济论坛“汽车产业循环经济倡议”愿与中汽数据有限公司携手, 为双碳目标贡献行业力量。”



蓝 艳

“一带一路”绿色发展国际联盟, 秘书处副处长

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》基于模型和数据, 科学、客观地评估了汽车行业全生命周期碳排放情况, 并提出汽车行业实现碳中和的具体路径, 为政府和汽车行业企业制定相关决策提供了重要的技术支撑。”



李俊峰

国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 原主任

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》采用全生命周期的评价方法, 全面系统地核算了我国乘用车的碳排放强度与碳排放总量。计算模型采用了最新的行业数据, 从单车、企业、车队不同层面量化了我国乘用车的碳排放并预测了直到2060年的变化趋势, 该研究不但对我国乘用车单车低碳化发展有重要的研究价值, 还对我国乘用车企业以及行业的绿色低碳化可持续发展有着重要意义。”



刘刚

南丹麦大学, 教授

“汽车行业是现代工业中最难实现整体碳减排的部门之一, 其全生命周期碳排放包含了使用阶段的直接碳排放和支撑汽车行业系统的能源部门及工业部门的间接碳排放。《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》在《中国汽车低碳行动计划研究报告(2020)》基础上进一步细化了模型核算框架, 在中国“双碳目标”的愿景下, 充分地考虑了符合我国国情的车队、电力系统、消费模式等动态变化, 分析了多种动态情景下的碳排放路径及相应的政策建议, 对中国乘用车净零排放实现具有重要意义。”



刘纪新

联合国环境规划署, 副专家

“汽车贡献了全球与能源相关的温室气体排放总量的约四分之一, 随着汽车数量的快速增加, 预计将在2050年占到排放总量的三分之一。中国是世界最大的机动车市场, 截至2020年, 全国机动车保有量达3.72亿辆位居世界第一。去年, 中国宣布了2030年前二氧化碳排放达到峰值, 2060年实现碳中和的目标。作为中国温室气体排放增长最快的三个领域之一, 汽车的碳减排对中国能否顺利实现达峰和碳中和至关重要。推广更清洁和高效的机动车是实现低排放和零排放转型的唯一途径。《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》在以往报告对汽车单车产品碳排放分析的基础上, 首次对中国的车队保有量结构进行分析。报告引入了车队模型对汽车行业层面在不同碳减排政策情景的碳排放总量的变化、燃料周期以及车辆周期碳排放占比的变化等信息进行评估。报告结果有助于推动中国进一步健全和完善汽车行业碳排放标准和管理体系, 加快行业转型和汽车电动化, 也对其他国家开展类似研究提供了很好的借鉴案例。”

MESSAGES FROM EXPERTS

专家赠言

*按照姓氏字母顺序排列



马爱民

国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 副主任

“中国在应对气候变化问题上扮演着重要角色,“双碳”目标的宣布对碳减排提出了更高的要求。汽车产业是道路交通的重要载体,随着中国经济的增长,人民对出行的需求与日俱增,汽车保有量将持续增加,由于目前我国乘用车保有量中仍以汽油车为主,需对该领域碳排放加以有效控制。该研究通过生命周期的研究方法充分研究了中国乘用车行业的碳排放现状,并对未来的发展趋势做出了预测。该研究提出的对策建议可为制定我国乘用车行业碳减排政策措施提供支持。”



马翠梅

国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 部门副主任/副研究员

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》从生命周期角度为量化乘用车温室气体排放提供了理论方法,在推动汽车行业技术变革升级、应对汽车贸易领域可能面临的绿色贸易壁垒以及进一步提高中国汽车产业在国际市场的竞争力等方面具有积极意义。”



王 灿

清华大学, 教授

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》利用汽车行业最新数据,从全生命周期角度,对我国乘用车碳排放清单、车队碳排放总量及未来减排趋势进行了全面详实地分析。该报告对我国加快推广新能源车辆、推动交通行业碳减排、促进能源结构调整战略具有重要的意义。”



王云石

加州大学戴维斯分校, 中国能源与交通中心主任、
中美荷兰零排放汽车政策实验室联合主任

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》在2020年的基础上做了重大改进。2021年对乘用车的生命周期碳排放做了更精细地分析, 并进一步确认了纯电动汽车减碳的作用。就如我在祝贺2020年报告时提出的, 这个报告对中国未来针对汽车的碳排放法规提供了很好的基础。”



薛露露

世界资源研究所, 研究员

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》是国内首个采用生命周期评价方法, 评估乘用车单车、企业和车队层面的生命周期碳排放的研究。从行业层面看, 研究揭示了汽车产业的温室气体减排与电力行业、工业(钢铁)行业的深度减排紧密相关; 从整车生产企业层面看, 研究表明实现企业层面碳中和需要把控整个供应链的排放, 推广绿色供应链与绿电采购。”



薛兴宇

阿美亚洲, 交通战略部部长

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》为促进我国乘用车行业实现“双碳”目标提供了可靠的数据支撑和理论基础。该报告强调了全生命周期碳排放管理政策的重要性, 揭示了实现乘用车行业碳减排目标需要一系列的技术解决方案, 包括了使用低碳燃料, 电动汽车以及高效的混合动力技术等。为车企, 相关政府部门以及科研机构制定技术路线和政策方案提供了重要的理论支撑。”

MESSAGES FROM EXPERTS

专家赠言

*按照姓氏字母顺序排列



杨富强

北京大学能源研究院, 特聘研究员

“该研究提供了燃油车和电动车的具体生命周期温室气体排放核算方法, 有助于企业了解其产品生命周期不同阶段地碳排放来源, 可以有针对性地制定减排措施, 为我国汽车行业低碳发展打下坚实基础。为了应对气候变化, 实现碳中和目标, 我们需要加强不同领域合作, 希望能有更多企业和机构响应国家号召, 积极投入低碳发展的工作中来。”



张力小

北京师范大学, 环境学院副院长、教授

“作为系列性报告,《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》进一步细化了核算框架与参数体系, 充分考虑碳中和愿景, 开展了多情景动态分析, 提出了不同时期汽车行业碳中和的路径选择, 对于推动中国汽车产业技术发展与零碳化目标实现具有重要意义。”



张卫东

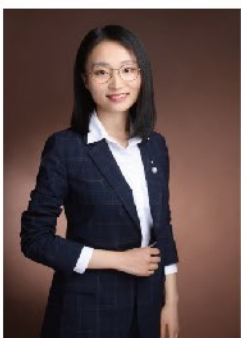
中国电力企业联合会, 行业发展和环境部处长

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》应用生命周期评价方法, 制定了科学合理的乘用车单车、企业和车队层面的生命周期碳排放核算模型, 为量化乘用车全生命周期碳排放量提供了理论方法, 该研究核算了目前6种燃料类型乘用车全生命周期碳排放量, 预测了未来40年的乘用车全生命周期碳排放的情况, 分析了不同情景下汽车行业碳中和的路径, 并提出了不同时期汽车行业碳中和的对策建议, 为推动中国汽车全生命周期净零排放具有重要的意义。”

**张 祥**

北京理工大学, 管理与经济学院副院长、教授

“中国汽车行业实现碳中和对于实现国家双碳目标具有重大意义。《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》围绕中国汽车行业碳中和这一目标,采用生命周期碳排放核算模型,分析了到2060年的乘用车碳排放情况及碳中和的路径,为未来制定相关政策提供了核算依据,对推动中国汽车行业实现碳中和目标具有重要指导意义。”

**郑馨竺**

中国石油大学(北京), 助理教授

“《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》基于详实的基础数据,科学的核算模型,量化了乘用车全生命周期碳排放,分析了碳中和目标下汽车行业碳中和路径。研究为乘用车生命周期碳排放核算与评价工作提供科学方法支撑,为碳中和目标下汽车行业的减排策略制定提供决策依据,对推动我国汽车行业的低碳与可持续发展具有重要意义。”

**钟绍良**

世界钢铁协会, 北京代表处首席代表

“中汽数据有限公司编著发布的《中国汽车低碳行动计划研究报告(2021)》,集合了汽车产业链上的众多权威机构和高校的行业智慧,数据详实、逻辑严密,开创性地从全生命周期的角度,面向2060年碳中和目标,为汽车和相关企业、研究机构、政府决策部门等提供了一份极具参考价值的研究资料。”

CONTENTS / 目录

01 "CARBON NEUTRALITY" IN AUTO INDUSTRY 汽车行业的“碳中和” P01

1.1 “碳中和”的意义	01
1.2 汽车行业碳中和的重要性	02
1.3 汽车行业碳中和的含义	03

02 STANDARDS AND REGULATIONS OF AUTOMOTIVE LIFE CYCLE GHG EMISSIONS 汽车生命周期碳排放标准法规 P04

2.1 汽车生命周期各阶段低碳标准法规概述	04
2.2 汽车产品全生命周期标准法规	05

03 LIFE CYCLE GHG EMISSIONS ACCOUNTING METHODOLOGY FOR AUTOMOBILE 汽车生命周期碳排放核算方法 P07

3.1 汽车生命周期碳排放核算模型	07
3.1.1 目的和范围的确定	07
3.1.1.1 功能单位	07
3.1.1.2 系统边界	08
3.1.2 清单数据	09
3.1.2.1 车辆周期清单数据	09
3.1.2.2 燃料周期清单数据	10
3.2 单车生命周期碳排放核算方法	10
3.2.1 车辆周期碳排放核算方法	10
3.2.1.1 原材料获取阶段	11
3.2.1.2 整车生产阶段	13
3.2.1.3 维修保养阶段	13
3.2.2 燃料周期碳排放核算方法	15
3.2.2.1 燃料生产阶段	15
3.2.2.2 燃料使用阶段	16
3.3 企业平均生命周期碳排放核算方法	17
3.4 车队生命周期碳排放核算方法	17

04

STATUS QUO ANALYSIS: RESEARCH RESULTS ON AUTOMOTIVE LIFE CYCLE GHG EMISSIONS IN 2020
现状分析：2020年汽车生命周期碳排放研究结果

P21

4.1单车生命周期碳排放研究结果	21
4.1.1乘用车单车生命周期碳排放研究结果	21
4.1.1.1乘用车生命周期碳排放总量	21
4.1.1.2不同燃料类型乘用车单车生命周期碳排放	22
4.1.1.3不同级别乘用车车型生命周期碳排放核算结果	25
4.2企业生命周期碳排放研究结果	34
4.2.1乘用车企业生命周期碳排放研究结果	34
4.2.1.1整体情况概述	34
4.2.1.2不同系别企业平均碳排放	34
4.3车队生命周期碳排放研究结果	35

05

CARBON NEUTRALITY PATHWAY ANALYSIS OF AUTO INDUSTRY
汽车行业碳中和的路径分析

P37

5.1总体技术路线	37
5.2碳中和路径分析	37
5.2.1情景设置	38
5.2.1.1现有政策情景	38
5.2.1.2中度减排情景	38
5.2.1.3强化减排情景	38
5.2.2参数设定	38
5.2.2.1电网清洁化	38
5.2.2.2车辆电动化	40
5.2.2.3材料效率	44
5.2.2.4车辆生产能效	44
5.2.2.5动力蓄电池碳排放	45
5.2.2.6车辆使用能效	45

5.2.2.7替代燃料	46
5.2.2.8消费模式	47
5.3不同情景下乘用车单车生命周期碳排放强度	47
5.4不同情景下乘用车车队生命周期碳排放总量	50
5.4.1不同情景下乘用车车队燃料周期碳排放总量	50
5.4.2不同情景下乘用车车队车辆周期碳排放总量	54
5.4.3不同情景下乘用车车队生命周期碳排放总量	54
5.4.4E-fuels乘用车对于车队的生命周期碳减排潜力	56
5.4.4.1 E-fuels的全生命周期温室气体排放分析	56
5.4.4.2 车队的温室气体排放评估	57

06 COUNTERMEASURES AND SUGGESTIONS FOR THE FUTURE CARBON NEUTRALITY OF AUTO INDUSTRY 未来汽车行业碳中和的对策建议 P59

6.1近期(至2025年)	59
6.2中期(至2030年)	59
6.3远期(至2060年)	60

07 REFERENCES 参考文献 P61

08 SCHEDULE 附录 P62

附表1 汽车生命周期低碳发展标准目录	62
附表2 部件更换次数(单位:次)	67
附表3 车辆周期相关碳排放因子	67
附表4 燃料生产的碳排放因子	68
附表5 常见化石能源特定参数值	69
附表6 车型级别划分方法	70
附表7 车型单位行驶里程碳排放	70

TABLE CATALOG / 表目录

表 1	汽车产品生命周期低碳管理标准法规	06
表 2	核算范围内的材料汇总表	09

LIST OF FIGURES / 图目录

图 1	2001-2020年中国汽车历年销量	02
图 2	汽车生命周期低碳标准法规体系	04
图 3	欧盟电池和废电池法对动力电池生命周期的要求	05
图 4	乘用车生命周期碳排放核算系统边界图	08
图 5	乘用车单车生命周期碳排放与车队生命周期碳排放核算方法的区别	17
图 6	乘用车车队保有量结构计算方法	18
图 7	乘用车车队生命周期碳排放核算边界	20
图 8	不同燃料类型乘用车的生命周期碳排放	21
图 9	2020年不同燃料类型乘用车销量	21
图 10	不同级别乘用车的生命周期碳排放	22
图 11	2020年不同级别乘用车销量	22
图 12	2020年不同燃料类型乘用车平均单位行驶里程碳排放	22
图 13	不同燃料类型乘用车生命周期各阶段碳排放占比	23
图 14	不同燃料类型乘用车生命周期各阶段碳排放占比细分	23
图 15	不同燃料类型乘用车的燃料周期碳排放	24
图 16	不同燃料类型乘用车的燃料周期碳排放占比	24
图 17	不同燃料类型乘用车的车辆周期碳排放	24
图 18	不同燃料类型乘用车的车辆周期碳排放占比	24
图 19	不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段碳排放	25
图 20	不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段碳排放占比	25
图 21	不同级别乘用车单位行驶里程碳排放	25
图 22	不同级别乘用车单位行驶里程碳排放细分	26
图 23	A00级纯电动轿车Top 10车型	26
图 24	A0级汽油轿车Top 10车型	27
图 25	A0级汽油SUV Top 10车型	27
图 26	A0级纯电动轿车Top 4车型	28

TABLE CONTANT / 图目录

图 27	A0级纯电动SUV Top 10车型	28
图 28	A级汽油轿车 Top 10车型	28
图 29	A级汽油SUV Top 10车型	29
图 30	A级常规混合动力轿车Top 4车型	29
图 31	A级常规混合动力车Top 7车型	29
图 32	A级插电式混合动力轿车Top 10车型	30
图 33	A级插电式混合动力SUV Top 10车型	30
图 34	A级纯电动轿车Top 10车型	30
图 35	A级纯电动SUV Top 10车型	31
图 36	B级汽油轿车Top 10车型	31
图 37	B级汽油SUV Top 10车型	32
图 38	B级常规混合动力轿车Top4车型	32
图 39	B级插电式混合动力轿车Top 7车型	32
图 40	B级插电式混合动力SUV Top 4车型	33
图 41	B级纯电动轿车Top 5车型	33
图 42	B级纯电动SUV Top 10车型	33
图 43	C级汽油轿车Top 10车型	34
图 44	企业平均碳排放	34
图 45	2012年至2020年我国乘用车车队保有量	35
图 46	2012年至2020年乘用车车队保有量结构	35
图 47	2020年度乘用车车队生命周期碳排放	36
图 48	汽车行业碳中和分析技术路线图	37
图 49	我国乘用车车队保有量以及销量预测值	37
图 50	三种情景下我国电力结构预测	39
图 51	三种情景下我国电力平均碳排放因子	39
图 52	三种情景下新车销量中各类燃料类型占比	40
图 53	三种情景下未来各年车队保有量结构变化	41
图 54	三种情景下车辆周期部件材料碳排放受材料效率提升影响随时间的变化	44
图 55	三种情景下整车生产碳排放随时间的变化	44
图 56	三种情景下动力蓄电池碳排放随时间的变化	45
图 57	三种情景下不同燃料类型汽车燃料消耗量随时间的变化	45

图 58	三种情景下不同燃料排放因子随时间的变化	46
图 59	三种情景下乘用车单车年行驶里程随时间的变化	47
图 60	三种情景下乘用车单车的单位行驶里程碳排放	48
图 61	三种情景下乘用车单车的车辆周期碳排放	49
图 62	三种情景下乘用车单车的燃料周期碳排放	49
图 63	现有政策情景下纯电动乘用车2025年生命周期碳减排潜力	50
图 64	现有政策情景下纯电动乘用车2030年生命周期碳减排潜力	50
图 65	现有政策情景下纯电动乘用车2050年生命周期碳减排潜力	50
图 66	现有政策情景下纯电动乘用车2060年生命周期碳减排潜力	50
图 67	三种情景下乘用车车队年行驶里程预测	51
图 68	三种情景下乘用车车队的燃料消耗量、电消耗量以及氢燃料消耗量	52
图 69	三种情景下乘用车车队燃料周期碳排放	53
图 70	三种情景下乘用车车队车辆周期碳排放	54
图 71	三种情景下乘用车车队生命周期碳排放总量	54
图 72	FT 和 MTG 工艺生产E-fuels的流程框图(图片由沙特阿美公司提供)	56
图 73	2030 年和 2050 年纯电动汽车和E-fuels驱动的汽车的全生命周期温室气体排放量(现有政策情景)(图片由沙特阿美公司提供)	57
图 74	现有政策情景下合成汽油的应用对中国乘用车车队全生命周期温室气体年排放量的影响： (a) 到 2060年全年生命周期温室气体年排放量 (b) 峰值年份温室气体年排放量与合成汽油 混合比例(图片由沙特阿美公司提供)	58
图 75	在不同的合成汽油普及率情况下，有和没有混合合成汽油，纯电动汽车在车辆保有量中的 份额和温室气体达峰年份的比较(图片由沙特阿美公司提供)	58

01

"CARBON NEUTRALITY" IN AUTO INDUSTRY

汽车行业的“碳中和”

**1.1 “碳中和”的意义**

“碳中和”是指人为排放源与通过植树造林、碳捕集与封存技术等人为吸收汇达到平衡。碳中和目标可以设定在全球、国家、城市、企业活动等不同层面，狭义指二氧化碳排放，广义也可指所有温室气体排放[1]。2020年9月22日，国家主席习近平在联合国大会上郑重宣布中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。“30·60”碳目标已成为国家战略，纳入生态文明建设整体布局，全面推行绿色低碳循环经济发展，各级党委和政府要拿出实现碳达峰、碳中和的时间表、路线图、施工图。碳中和目标的提出在应对气候变化危机、提高我国在国际气候治理中的话语权以及强化产业转型方面具有重要作用。

共谋国际共识，参与气候履约。联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 的报告显示，目前全球平均气温已经比工业革命前上升1℃左右，持续的气温上升将造成气候异常、海平面上升等一系列不利影响。在2016年签署的联合国应对气候变化《巴黎协定》中，明确规定到本世纪末把全球平均气温升幅较工业革命前控制在2℃以内，并努力把升幅控制在1.5℃内。为实现气温目标，各缔约方应在平等的基础上在本世纪下半叶实现碳中和。目前，包括中国在内的近130个国家以不同的形式提出碳中和目标，约占全球碳排放量的65%左右，占全球经济总量的70%左右。面对新的全球应对气候变化格局，中国需要积极参与全球治理，构建人类命运共同体。

履行大国责任，彰显大国担当。目前，美国和欧盟在现行的全球气候治理体系中仍然拥有主导性话语权，发展中国家声音较弱，发达国家和发展中国家在气候治理中的分歧一直存在，导致气候治理进展缓慢。中国碳中和目标的宣布，向国际社会发出了关于全球气候治理的中国声音，肩负起推进全球气候治理的大国

担当，推动全球气候治理体系朝着更加包容、普惠和高效的方向改革。

强化产业转型，促进高质量发展。随着中国经济的高速增长，对能源的消费需求将持续增加，但是国内能源生产结构与能源需求结构严重不匹配，能源需求缺口大量依靠进口来弥补。《2019国内外油气行业发展报告》显示，2019年我国石油和原油对外依存度双双超过70%，不仅远超50%的安全线[2]，还仍然呈现出增长态势，能源依赖、资源竞争加剧将威胁中国产业可持续发展。其次，虽然中国的碳强度近年来逐渐在下降，但与欧美等相比，中国的碳强度仍然较高，2019年美国 and 欧盟的碳强度分别为2.3吨/美元、1.9吨/美元，而中国的碳排放强度为7.1吨/美元，为美国的3.1倍，欧盟的3.7倍（由BP能源统计年鉴2020和各国官方网站发布数据整理得到）。碳中和目标的提出可以有效推动我国产业绿色低碳转型，减少能源资源投入，降低能源对外依赖。同时，提高我国产业的国内外碳排放政策的应对效力，提升外循环活力，实现内外双循环健康发展。

实施绿色复兴，实现美丽中国。碳中和是美丽中国组成部分，也是生态文明建设的重要抓手，更是绿色发展的内在要求。党的十九大报告和全国生态环境保护大会描绘了我国生态文明建设的时间表，到2035年，基本建成美丽中国；到本世纪中叶，全面建成美丽中国。与此同时，中国将力争于2030年前实现二氧化碳排放达到峰值，2060年前实现碳中和。可以看出，碳达峰碳中和是实现美丽中国梦的重要里程碑，我国需要通过碳达峰碳中和形成倒逼机制，从而实现绿色低碳循环发展。此外，我国需要与世界各国共同呵护好地球家园，同筑生态文明之基，同走绿色发展之路，共同向碳中和迈进。

1.2 汽车行业碳中和的重要性

汽车行业因其产业链长辐射面广、碳排放总量增长快、单车碳强度高特点，已成为我国碳排放管理的重点行业之一，对于推动其上下游产业链绿色低碳转型，实现我国碳中和具有重要意义。

第一，汽车行业碳排放增速快，是当前我国碳排放增长最快的领域之一。我国作为全球最大的汽车制造国，汽车产销量连续12年位居全球首位。如下图所示，2001-2020年汽车销量整体呈增加趋势，年平均增长率为12.57%。2020年我国汽车保有量已达2.81亿辆[3]，产销量分别达2522.5万辆和2531.1万辆[4]。同时，我国也正在成为汽车出口大国，2020年汽车出口量达99.5万辆[4]。随着汽车产销量及出口量的增加，作为典型的资源能源密集型产业，汽车行业碳排放与经济增长尚未实现脱钩，汽车行业也已成为当前我国碳排放增长最快的领域之一。2019年道路直接二氧化碳排放近8亿吨，占到我国二氧化碳排放总量的8%左右（中汽数据有限公司）。

第二，汽车行业产业链长辐射面广，是推动上下游产业链碳中和的重要抓手。实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。各行各业均需加速向碳中和转型，推动碳中和

目标实现。作为我国国民经济的重要支柱产业，汽车产业具有产业链长、辐射面广、带动性强的特点。根据国家统计局数据，2019年我国汽车制造业整体营收8.08万亿元，按照对上下游1:5的带动倍数计，将间接带动约40万亿产值规模的庞大上下游产业[5]。汽车行业碳中和的实现将成为推动上下游产业链碳中和的重要抓手。

第三，我国单车碳排放强度高，与发达国家相比低碳竞争力薄弱。目前，中国纯电动乘用车生命周期碳排放高于欧盟约18%。随着欧洲绿色新政以及一系列低碳战略的实施，包括欧洲电池法案、循环经济行动计划、可持续和智能交通战略、欧洲氢能战略和欧盟能源系统整合战略等，预计未来中欧单车碳强度差距将进一步拉大[6, 7]。与此同时，发达国家正在以生命周期碳排放为基础建立国际贸易竞争维度。首先，欧盟设立碳边境调节机制，即征收碳税，提出欧盟碳排放交易体系（EU-ETS）下的所有商品均应纳入碳关税征收范围，目前征收范围包括水泥、电力、化肥、钢铁和铝。未来，欧盟委员会将评估是否进一步扩大产品范围以及是否纳入下游产品和间接排放。美国、英国、加拿大等国家也在推进自己的碳边境调节税。其次，欧盟正在针对出口到欧盟的汽车零部件及整车制定碳足迹限值法规。2019年乘用车和轻型商用车CO₂排放标准中提出有必要在欧盟层面评估乘用车和轻型商用车的

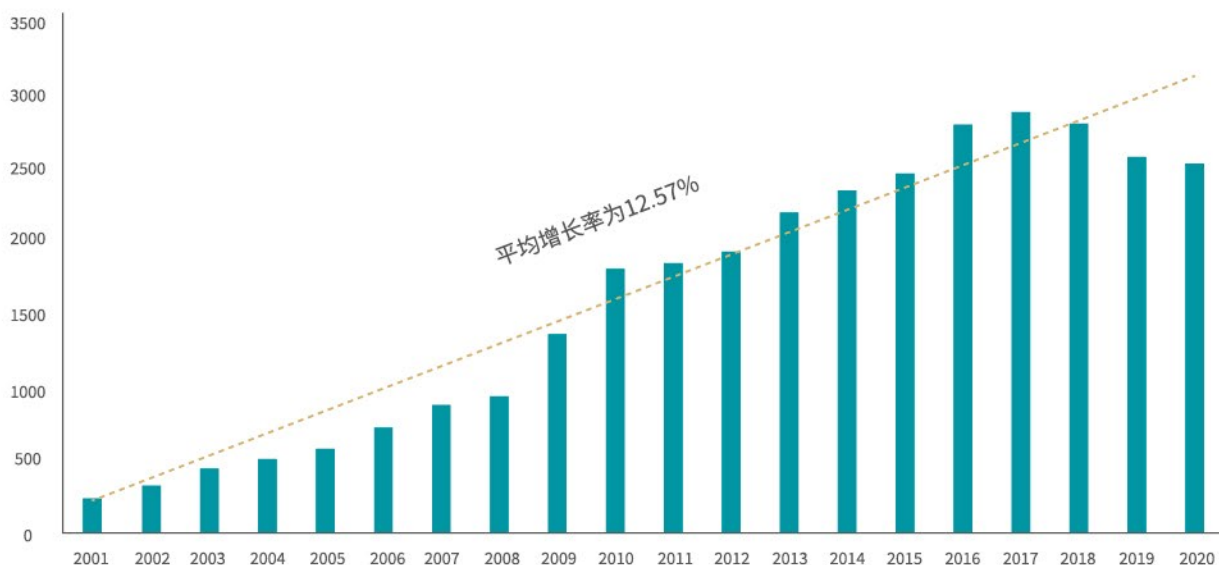


图1 2001-2020年中国汽车历年销量(万辆)

全生命周期碳排放。应不晚于2023年评估建立生命周期碳排放的评价和数据报送的通用LCA方法学的可行性。同时指出应采取后续措施,酌情提出立法建议。《欧洲电池与废电池法》提案中提出2027年7月1日前将出台电池最大碳足迹限值。在此背景下,与发达国家相比我国的汽车产品低碳竞争力薄弱,中国汽车产品“走出去”将面临更大的碳排放压力与挑战。

综上,不论是在降低汽车行业自身碳排放的增速与强度方面,还是在带动上下游产业链的碳减排方面,汽车行业碳中和都具有重要的作用。加快推进汽车产业绿色低碳转型,进而向全生命周期净零排放迈进,不仅对我国实现碳中和目标意义重大,也是实现我国汽车强国之梦的关键里程碑,是促进人类与自然和谐共生的重要保障。

1.3 汽车行业碳中和的含义

本报告中的“碳中和”是指汽车全生命周期碳排放的净零排放。在产品层面,汽车产品碳中和是指包括车辆周期和燃料周期在内的全生命周期的净零排放。在车队层面,车队碳中和表示某一年份车队保有量中处于不同生命周期阶段所有车辆的碳排放总和的净零排放。

目前,国际车企纷纷提出了各自的碳中和目标,主要涉及了工厂、产品和企业三个层面,实现碳中和的时间点均在2050年之前。例如戴姆勒提出“最终在未来20年内建立一支碳中和的新汽车车队”;沃尔沃提出“在2040年之前将公司发展成为全球气候零负荷标杆企业”;丰田提出生命周期CO₂零排放挑战“力求在汽车的整个生命周期内实现CO₂零排放”和工厂CO₂零排放挑战“2050年全球工厂实现CO₂零排放”;日产提出“2050年,车辆生命周期碳

中和”等。长城汽车碳目标:2023年,实现长城汽车首个零碳工厂,建立汽车产业链条的循环再生体系;2025年,长城汽车将推出50余款新能源车型,使得新能源汽车占比达到80%;2045年,长城汽车将全面实现碳中和。

未来,随着汽车电动化和智能化的发展,其碳排放也发生了变化,逐步由汽车使用环节向全产业链转移,车辆自身生产制造及上游零部件供应商生产相关的碳排放变得愈加重要。因此汽车行业全生命周期碳中和对推动汽车供应链的碳减排,提高供应链企业的市场竞争力尤为重要。因此,本报告所指的碳中和涵盖汽车全生命周期,包含单车和车队全生命周期的碳中和两个维度,以期在汽车碳中和相关工作提供借鉴和参考。

02

STANDARDS AND REGULATIONS OF AUTOMOTIVE
LIFE CYCLE GHG EMISSIONS

汽车生命周期碳排放标准法规

2.1 汽车生命周期各阶段低碳标准法规概述

目前,全球已经建立了面向汽车全生命周期各个阶段甚至全阶段的标准法规体系。根据标准的类型不同,可分为低碳约束指标类标准法规、低碳量化核算类标准法规、低碳技术路径类标准以及低碳基础通用相关的标准,如图2所示。

如前文所述,汽车产品全生命周期碳排放核算的周期范围包括车辆周期和燃料周期。在图2的汽车生命周期低碳标准体系

中,车辆周期包括汽车制造阶段(包括原材料获取、材料加工制造、整车生产、维修保养部件生产)和汽车再生阶段(包括回收拆解、再制造、梯次利用、再生利用)。燃料周期包括汽车燃料生产阶段(油井-油箱)、汽车产品能效管理阶段(燃料消耗量管理)、燃料(车辆)使用阶段(油箱-车轮)。

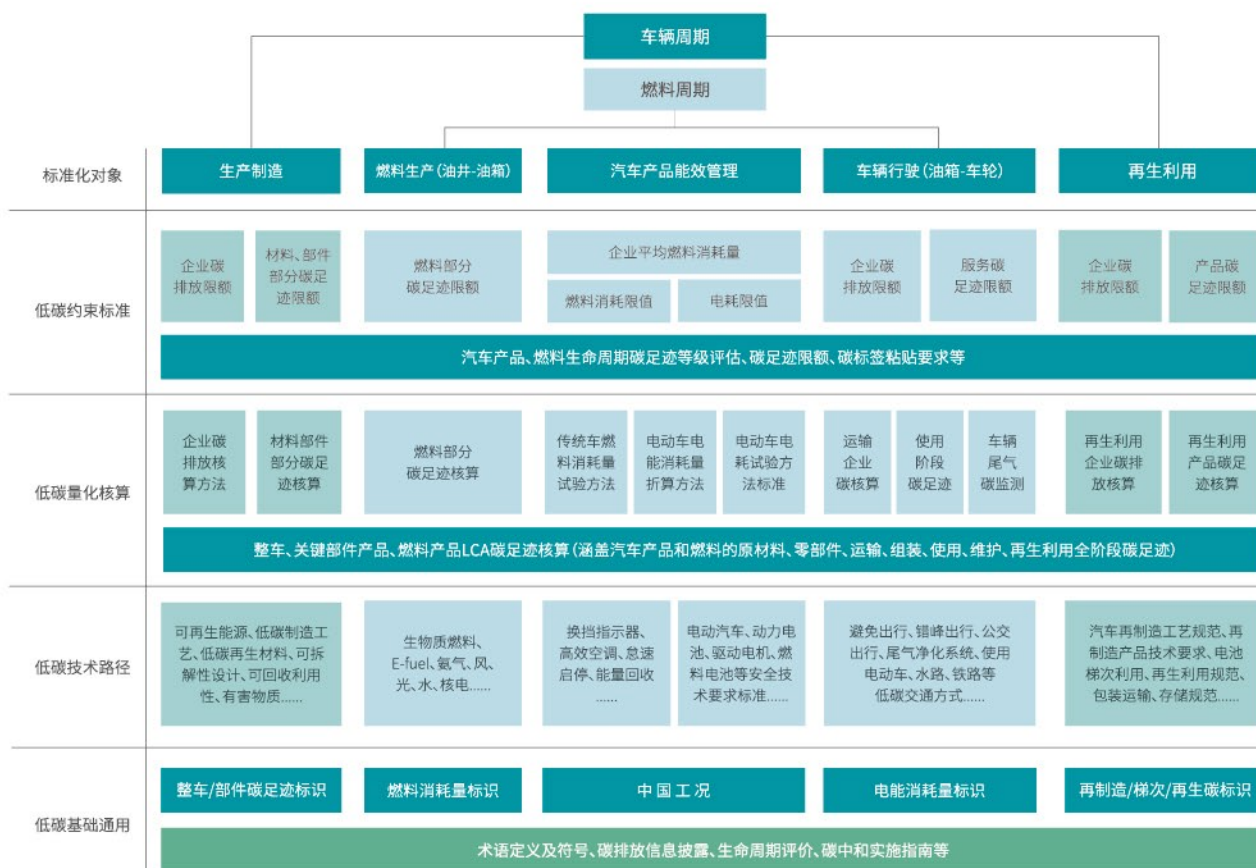


图2 汽车生命周期低碳标准法规体系

2.2 汽车产品全生命周期标准法规

目前围绕汽车产品全生命周期开展温室气体核算、管理的标准法规主要包括通用的方法和汽车产品专用标准法规。通用类的低碳量化核算标准主要包括ISO 14067、GHG protocol产品核算标准、PAS2050等，汽车行业可以依据这些通用类标准，开展汽车整车及关键部件产品全生命周期碳排放核算量化工作。目前关于汽车产品全生命周期专用的碳排放相关标准，主要包括欧盟的《PEFCR-产品环境足迹种类规则：用于移动应用的高压可充电电池》等。

同时，也有一部分涉及到汽车产品生命周期碳足迹约束类标准法规，如欧盟的《电池和废电池法》，从动力电池的全生命周期提出了相关的再生材料使用比例、废弃电池收集率、废电池材料回收水平、碳标签以及有害物质、电化学和耐久性等约束性指标要求，主要指标要求如图3所示。



图3 欧盟电池和废电池法对动力电池生命周期的要求

同时,未来中国将围绕道路车辆整车产品和部件产品开展全生命周期碳排放核算量化标准的研究,同时经过数据积累,开展道路车辆整车产品和部件产品全生命周期碳足迹限额标准、术

语和定义、碳标签等基础通用标准的研究。逐步完善汽车生命周期低碳发展标准体系。综上所述,目前涉及到汽车产品生命周期低碳约束、低碳量化核算等方面的标准法规如表1所示。

表1 汽车产品生命周期低碳管理标准法规

序号	类型	标准号	标准号
1	低碳约束类	COM(2020) 798 final	《欧盟电池和废电池法》(草案)
2		研制中	GB/T 道路车辆整车产品全生命周期碳足迹限额 GB/T 道路车辆部件产品全生命周期碳足迹限额
3	低碳量化核算类	The GHG Protocol	产品生命周期核算标准
4		ISO 14067:2018	温室气体 产品的碳足迹 量化的要求和指南
5		PAS 2050-2011	商品和服务生命周期温室气体评估规范
6		PEFCR	产品环境足迹种类规则:用于移动应用的高压可充电电池
7		研制中	GB/T 道路车辆产品碳足迹 种类规则 乘用车 GB/T 道路车辆产品碳足迹 种类规则 商用车 GB/T 道路车辆产品碳足迹 种类规则 挂车 GB/T 道路车辆产品碳足迹 种类规则 摩托车 GB/T 道路车辆产品碳足迹 种类规则 动力电池 其他
8	低碳基础通用	研制中	GB/T 道路车辆 温室气体管理通用要求 术语和定义 GB/T 道路车辆 温室气体管理通用要求 产品碳足迹标识

03

LIFE CYCLE GHG EMISSIONS ACCOUNTING
METHODOLOGY FOR AUTOMOBILE

汽车生命周期碳排放核算方法

本研究应用生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)方法核算乘用车生命周期碳(温室气体)排放。生命周期评价是对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

中汽数据有限公司依据国家标准GB/T24040-2008、GB/T24044-2008以及ISO 14067-2018的要求,采用中国汽车生命周期数据库(China Automotive Life Cycle Database, CALCD),基于中国汽车行业的特点,开发了汽车生命周期评价模型(China Automotive Life Cycle Assessment Model, CALCM)。目前,新版模型CALCM-2021已正式上线,此次发布的新版本在前序版本的基础上,不仅更为清晰简洁,还增添了动力蓄电池、制造工艺、材料回收等数据及计算功能,为汽车生命周期评价研究工作提供更加有力的支撑。为方便企业操作,实现对材料、零部件和整车等不同产品维度的碳排放核算,并为企业提供减排路径分析,开发了汽车生命周期评价工具-OBS。同时,开发了中国汽车碳排放信息

系统(CACIS),可协助主机厂用户和供应商用户完成从原材料、零部件到整车生产、使用和回收的全生命周期阶段的碳排放数据的收集、管理和核算。在进行碳排放核算时,CACIS中数据信息可直接导入汽车生命周期评价工具-OBS中进行利用,减少了企业碳排放核算的难度和流程,提高自身的碳排放的核算能力和管理能力。

本研究应用CALCM-2021模型开展了中国2020年乘用车生命周期的碳排放核算。核算过程中所需的车型名称、车型尺寸、整备质量、燃料类别、燃料消耗量、产量等数据来源于中汽数据有限公司;乘用车单车材料重量、材料碳排放因子、整车生产能耗、燃料碳排放因子等数据来源于CALCD。

其中,乘用车单车、企业、车队生命周期碳排放量核算方法详见3.1~3.4章节。

3.1 汽车生命周期碳排放核算模型

3.1.1 目的和范围的确定

3.1.1.1 功能单位

相对于2020年变化:参考GB/T32694和GB/T19596-2017,对研究对象进行了重新定义,汽油M1类车(汽油ICEV)、柴油M1类车(柴油ICEV)更改为单一燃用汽油或柴油的乘用车;常规混合动力乘用车更改为不可外接充电式混合动力乘用车;插电式混合动力乘用车更改为插电式混合动力电动乘用车。

本研究的目的是核算中国境内生产的乘用车的生命周期碳排放。研究对象为最大设计总质量不超过3500kg的M1类车辆,包括单一燃用汽油或柴油的乘用车、不可外接充电式混合动力乘用车、插电式混合动力电动乘用车、纯电动乘用车(以下分别简称“汽油车”、“柴油车”、“常规混合动力车”、“插电式混合动力车”、

“纯电动车”)。本研究的功能单位为一辆乘用车生命周期内行驶1 km提供的运输服务,生命周期行驶里程按 (1.5×10^5) km计算。本研究根据IPCC国家温室气体清单指南,碳排放的核算对象包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫和三氟化氮在内的温室气体排放。

3.1.1.2 系统边界

本研究所评价的乘用车的生命周期系统边界包括乘用车的车辆周期和燃料周期在内的全生命周期阶段。其中,乘用车的车辆周期包括原材料获取、材料加工制造、整车生产、维修保养(轮胎、铅蓄电池、液体的更换以及制冷剂的逸散)等阶段;乘用车的燃料周期,即“油井到车轮(Well to Wheels, WTW)”,包括燃料的生产(Well to Pump)和燃料的使用(Pump to Wheels)两个阶段。对于燃油车, WTP包括原油开采和提炼加工等阶段;对于电动车, WTP

包括电力(火电、水电、风电、光伏发电和核电等)的生产和传输等阶段。

原材料和零部件等的运输过程、乘用车生产用设备制造、厂房建设等基础设施不包括在边界范围内。乘用车生命周期碳排放核算的系统边界图如图4所示。

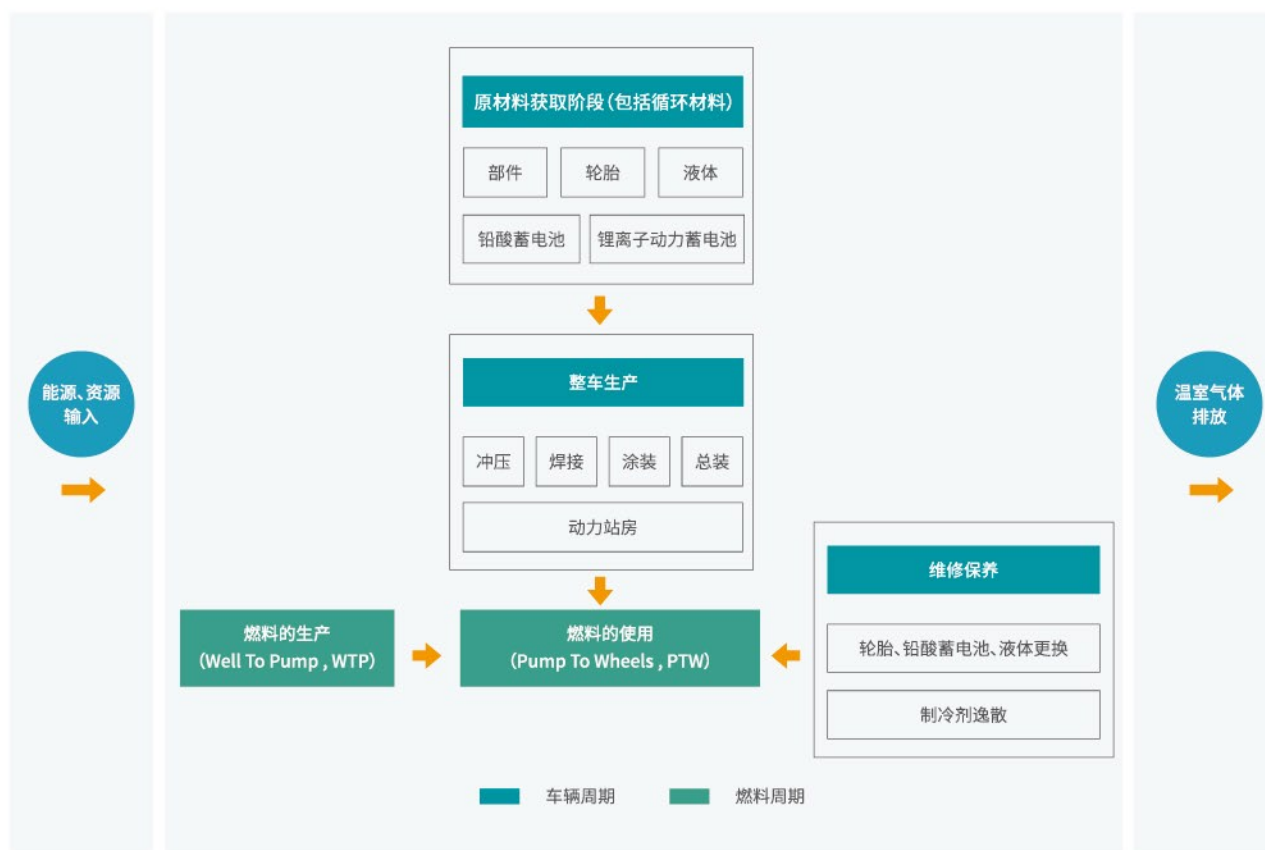


图4 乘用车生命周期碳排放核算系统边界图

3.1.2 清单数据

3.1.2.1 车辆周期清单数据

本研究车辆周期不再以特定零部件为核算对象,而是直接核算材料的碳排放。将整车分为部件、轮胎、铅酸蓄电池、锂离子动力电池和液体五部分,考虑到材料碳排放和重量占各部分比重及数据的可核查性,共核查23种材料,如表2所示。

表 2 核算范围内的材料汇总表

编号	材料类别
1	钢铁
2	铸铁
3	铝及铝合金
4	镁及镁合金
5	铜及铜合金
6	热塑性塑料
7	热固性塑料
8	橡胶
9	织物
10	陶瓷/玻璃
11	铅
12	硫酸
13	玻璃纤维
14	磷酸铁锂
15	镍钴锰酸锂
16	锰酸锂
17	石墨
18	电解液: 六氟磷酸锂
19	润滑剂
20	刹车液
21	冷却液
22	制冷剂
23	洗涤液

车辆周期部件、轮胎、铅酸蓄电池、锂离子动力电池和液体的重量占比及各自的材料组成占比、材料碳排放因子、整车生产碳排放因子等数据来自CALCM-2021。部件、轮胎、铅酸蓄电池、锂离子动力电池和液体的重量占比及各自的材料组成占比数据来源于中汽数据拆解的90余款主流车型的产量加权的平均值。

此外,本研究车辆周期核算汽车行驶过程中轮胎更换、铅蓄电池更换、液体的更换和制冷剂的逸散的碳排放以及整车冲压、焊接、涂装、总装和动力站房等生产制造过程的碳排放。轮胎、铅蓄电池、液体更换、制冷剂的逸散次数如附表2所示。

如附表3所示,本研究中车用材料及整车生产等的碳排放数据来源于CALCD,代表中国平均水平数据。CALCD是中国第一个本土化的汽车生命周期数据库,涵盖2万多条汽车产品相关的生命周期清单过程数据,包括基础材料、能源、运输和加工等基础过程数据,以及汽车关键零部件和整车等产品过程数据,清单数据类别包括资源消耗、能源消耗、环境污染物排放、温室气体排放、经济成本等方面。

3.1.2.2 燃料周期清单数据

本研究中乘用车的燃料消耗量数据是基于新标欧洲测试循环(NEDC)工况的测试数据。

燃料生产的碳排放因子数据来源于中国汽车生命周期数据库(CALCD),代表中国平均水平,如附表4所示。其中,电力碳排放因子基于2017年中国能源结构(煤电64.7%、水电18.6%、可再生

能源发电6.5%、核电3.9%、天然气发电3.2%、油电3.1%),按照全国平均水平进行测算。

燃料使用的碳排放采用GB27999-2019中的CO₂转换系数,汽油按2.37 kgCO₂e/L计算,柴油按2.60 kgCO₂e/L计算;电能使用过程中碳排放按0计算。

3.2 单车生命周期碳排放核算方法

3.2.1 车辆周期碳排放核算方法

车辆周期碳排放量按式(1)进行计算:

$$C_{Vehicle} = C_{Material} + C_{Production} + C_{Replacement} \dots\dots (1)$$

式中: $C_{Vehicle}$ —— 车辆周期碳排放量, kgCO₂e

$C_{Production}$ —— 整车生产的碳排放量, kgCO₂e

$C_{Material}$ —— 原材料获取碳排放量, kgCO₂e

$C_{Replacement}$ —— 维修保养(轮胎、铅蓄电池、液体更换及制冷剂逸散)的碳排放, kgCO₂e

3.2.1.1 原材料获取阶段

相对于2020年的变化：

- (a) 今年原材料获取阶段的碳排放不再按照汽车整体进行计算,而是分为5个部分单独计算,包括部件材料、铅酸蓄电池、锂离子动力电池、轮胎和液体;
- (b) 扩充了原材料范围,将材料重量占比或碳排放占比大于各部分的1%的材料,纳入核算范围,新增了织物和玻璃纤维,新增四种液体材料,分别为润滑剂,刹车液、冷却液和洗涤液等;
- (c) 塑料分类为热塑性塑料和热固性塑料,不再单独区分;
- (d) 更新了部分材料的碳排放因子。

原材料获取阶段碳排放量应按式(2)进行计算,计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Materials} = C_{Parts} + C_{Lead\ acid\ battery} + C_{Li-Ion\ battery} + C_{Tyres} + C_{Fluids} \dots\dots (2)$$

式中: $C_{Material}$ —— 原材料获取阶段碳排放量, kgCO₂e C_{Parts} —— 部件碳排放量, kgCO₂e
 $C_{Lead\ acid\ battery}$ —— 铅酸蓄电池碳排放量, kgCO₂e $C_{Li-Ion\ battery}$ —— 锂离子动力电池碳排放量, kgCO₂e
 C_{Tyres} —— 轮胎碳排放量, kgCO₂e C_{Fluids} —— 液体碳排放量, kgCO₂e

汽车部件(整车除去轮胎、电池和液体的部分)碳排放量应按式(3)进行计算,计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Parts} = \sum (M_{Part\ material\ i} \times CEF_{Part\ material\ i}) \dots\dots (3)$$

式中: C_{Parts} —— 部件碳排放量, kgCO₂e
 $M_{Part\ material\ i}$ —— 部件 i 的重量, kg
 $CEF_{Part\ material\ i}$ —— 部件 i 的碳排放因子, kgCO₂e/kg

铅酸蓄电池碳排放量计算公式如式(4)所示, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{\text{Lead acid battery}} = \sum (M_{\text{Lead acid battery material } i} \times CEF_{\text{Lead acid battery material } i}) \dots\dots (4)$$

式中: $C_{\text{Lead acid battery}}$ —— 铅酸蓄电池碳排放量, kgCO₂e
 $M_{\text{Lead acid battery material } i}$ —— 铅酸蓄电池材料i的重量, kg
 $CEF_{\text{Lead acid battery material } i}$ —— 铅酸蓄电池材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg

纯电动乘用车、插电式混合动力电动乘用车和不可外接充电式混合动力乘用车锂离子动力电池碳排放量可单独计算, 单一燃油汽油或柴油的乘用车的动力蓄电池重量按0计算。计算公式如式(5)或(6)所示, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{\text{Li-Ion battery}} = \sum (M_{\text{Li-Ion battery } i} \times CEF_{\text{Li-Ion battery } i}) \dots\dots (5)$$

$$C_{\text{Li-Ion battery}} = R_{\text{Li-Ion battery}} \times CEF_{\text{Li-Ion battery}} \dots\dots (6)$$

式中: $C_{\text{Li-Ion battery}}$ —— 锂离子动力电池碳排放量, kgCO₂e
 $M_{\text{Li-Ion battery } i}$ —— 锂离子动力电池材料i的重量, kg
 $CEF_{\text{Li-Ion battery } i}$ —— 锂离子动力电池材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg
 $R_{\text{Li-Ion battery}}$ —— 锂离子动力电池容量, kWh
 $CEF_{\text{Li-Ion battery}}$ —— 锂离子动力电池包的碳排放因子, kgCO₂e/kWh

轮胎碳排放量可单独计算, 计算公式如式(7)所示, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{\text{Types}} = \sum (M_{\text{Types material } i} \times CEF_{\text{Types material } i}) \dots\dots (7)$$

式中: C_{Types} —— 轮胎碳排放量, kgCO₂e
 $M_{\text{Types material } i}$ —— 轮胎(5条含1条备胎)材料i的重量, kg
 $CEF_{\text{Types material } i}$ —— 轮胎材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg

液体碳排放量计算公式如式(8)所示, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fluids} = \sum (M_{Fluid\ material\ i} \times CEF_{Fluid\ material\ i}) \dots\dots (8)$$

式中: C_{Parts} —— 液体碳排放量, kgCO₂e
 $M_{Fluid\ material\ i}$ —— 液体材料 i 的重量, kg
 $CEF_{Fluid\ material\ i}$ —— 液体材料 i 的碳排放因子, kgCO₂e/kg

3.2.1.2 整车生产阶段

相对于2020年变化部分:更新了常见化石燃料的低位发热量和单位热值含碳量。

整车生产阶段碳排放量应按式(9)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Production} = \sum (E_r \times CEF_r + E_r \times NCV_r \times CEF'_r) + M_{CO_2} \dots\dots (9)$$

式中: $C_{Production}$ —— 整车生产阶段碳排放量, kgCO₂e
 E_r —— 能源或燃料 r 的外购量, kWh、m³或kg等
 CEF_r —— 能源或燃料 r 生产的碳排放因子, kgCO₂e/kWh、kgCO₂e/m³或kgCO₂e/kg
 CEF'_r —— 能源或燃料 r 使用的碳排放因子, tCO₂e/GJ
 NCV_r —— 能源或燃料 r 的平均低位发热量, GJ/t、GJ/10⁴Nm³; 已根据《中国能源统计年鉴2019》进行调整。
 M_{CO_2} —— 焊接过程中产生的CO₂逸散的量, kgCO₂e

3.2.1.3 维修保养阶段

相对于2020年的变化部分:考虑了新增的润滑剂、刹车液、冷却液和洗涤液等液体材料的更换, 更换次数见附表2。

维修保养(轮胎、铅蓄电池、液体更换及制冷剂逸散)的碳排放按式(10)进行计算:

$$C_{Replacement} = C_{Tyre\ r} + C_{Lead\ acid\ battery\ r} + C_{Fluids\ r} \dots\dots (10)$$

式中: $C_{Replacement}$ —— 维修保养阶段的碳排放, kgCO₂e

$C_{Tyre\ r}$ —— 使用阶段由于轮胎(4条)更换产生的碳排放量, kgCO₂e

$C_{Lead\ acid\ battery\ r}$ —— 由于铅酸蓄电池更换产生的碳排放, kgCO₂e

$C_{Fluids\ r}$ —— 由于液体更换及制冷剂逸散(1次)产生的碳排放, kgCO₂e

由于轮胎更换(2次, 每次4条)产生的碳排放量应按式(11)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Tyres\ r} = \sum (M_{Tyre\ material\ i} \times CEF_{Tyre\ material\ i}) \times 2 \dots\dots (11)$$

式中: $C_{Tyres\ r}$ —— 使用阶段由于轮胎(4条)更换产生的碳排放量, kgCO₂e

$M_{Tyre\ material\ i}$ —— 更换轮胎(4条)材料i的重量, kg $CEF_{Tyre\ material\ i}$ —— 轮胎材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg

由于铅酸蓄电池更换(2次)产生的碳排放量应按式(12)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{lead\ acid\ battery\ r} = \sum (M_{lead\ acid\ battery\ material\ i} \times CEF_{Fluid\ material\ i}) \times 2 \dots\dots (12)$$

式中: $C_{lead\ acid\ battery\ r}$ —— 由于铅酸蓄电池更换产生的碳排放量, kgCO₂e

$M_{lead\ acid\ battery\ material\ i}$ —— 铅酸蓄电池材料i的重量, kg

$CEF_{Fluid\ material\ i}$ —— 铅酸蓄电池材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg

由于液体更换及制冷剂逸散(1次)产生的碳排放量应按式(13)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fluids\ r} = \sum (M_{Fluid\ material\ i} \times CEF_{Fluid\ material\ i} \times R_{Fluid\ material\ i}) + M_{Refrigerant} \times GWP_{Refrigerant} \dots\dots (13)$$

式中: $C_{Fluids\ r}$ —— 使用阶段由于液体更换及制冷剂逸散(1次)产生的碳排放量, kgCO₂e

$M_{Fluid\ material\ i}$ —— 液体材料i的重量, kg $M_{Refrigerant}$ —— 制冷剂的重量, kg

$CEF_{Fluid\ material\ i}$ —— 液体材料i的碳排放因子, kgCO₂e/kg

$R_{Fluid\ material\ i}$ —— 液体材料i的更换次数 $GWP_{Refrigerant}$ —— 制冷剂的全球增温潜值

3.2.2 燃料周期碳排放核算方法

3.2.2.1 燃料生产阶段

相对于2020年的变化部分:扩充了汽油和柴油的生产边界,并相应地调整了汽油和柴油生产的碳排放因子。

单一燃用汽油或柴油燃料的M1类车辆、不可外接充电式混合动力乘用车、纯电动乘用车燃料生产的碳排放量应按式(14)进行计算,计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fuel\ production} = FC \times CEF_{Fuel} \times L / 100 \quad \cdots \cdots (14)$$

式中: $C_{Fuel\ production}$ —— 燃料生产的排放量, kgCO₂e

FC —— 燃料消耗量, L/100km或kWh/100km, 单一燃用汽油燃料的M1类车、单一燃用柴油燃料的M1类车的燃料消耗量采用按GB/T19233进行测定的测定值, 不可外接充电式混合动力乘用车的燃料消耗量采用按GB/T19753进行测定的测定值, 纯电动乘用车的耗电量采用按GB/T 18386进行测定的测定值

CEF_{Fuel} —— 燃料生产的碳排放因子, kgCO₂e/L或者kgCO₂e/kWh

L —— 乘用车生命周期行驶里程, 按 (1.5×10^5) km计算

插电式混合动力电动乘用车燃料生产的碳排放量应按式(15)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fuel\ production} = FC_{State\ B} \times L / 100 \times \left(1 - \sum_{i=1}^c UF_e \right) \times CEF_{Gasoline} + EC_{State\ A} \times L / 100 \times \sum_{i=1}^c UF_e \times CEF_{Electricity} \quad \cdots \cdots (15)$$

式中: $C_{Fuel\ production}$ —— 燃料生产的排放量, kgCO₂e

$FC_{State\ B}$ —— 插电式混合动力电动乘用车B状态油耗, L/100km, 采用按GB/T 19753进行测定的测定值

L —— 乘用车生命周期行驶里程, 按 (1.5×10^5) km计算

$\sum_{i=1}^c UF_e$ —— 截止到c个试验循环的纯电利用系数累计值, 按GB/T 19753计算

$CEF_{Gasoline}$ —— 汽油生产的碳排放因子, kgCO₂e/L

$EC_{State\ A}$ —— 插电式混合动力电动乘用车A状态电耗, 单位为千瓦时每百公里(kWh/100km), 采用按GB/T 19753进行测定的测定值

$CEF_{Electricity}$ —— 电力生产的碳排放因子, kgCO₂e/kWh

3.2.2.2 燃料使用阶段

单一燃用汽油或柴油燃料的M1类车辆、不可外接充电式混合动力乘用车、纯电动乘用车燃料使用过程的碳排放量应按式(16)进行计算,计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fuel\ use} = FC \times K_{CO_2} \times L/100 \quad \dots\dots (16)$$

式中: $C_{Fuel\ use}$ —— 燃料使用过程的碳排放量, kgCO₂e
 FC —— 燃料消耗量, L/100km或kWh/100km, 单一燃用汽油燃料的M1类车、单一燃用柴油燃料的M1类车的燃料消耗量采用按GB/T19233进行测定的测定值, 不可外接充电式混合动力乘用车的燃料消耗量采用按GB/T19753进行测定的测定值, 纯电动乘用车的耗电量采用按GB/T 18386进行测定的测定值
 K_{CO_2} —— 转换系数参考GB27999-2019, 对于燃用汽油的车型为2.37kg/L, 燃用柴油的车型为2.60kg/L, 纯电动乘用车为0
 L —— 乘用车生命周期行驶里程, 按 (1.5×10^5) km计算

插电式混合动力电动乘用车燃料使用过程的碳排放量应按式(17)进行计算, 计算结果圆整(四舍五入)至小数点后两位:

$$C_{Fuel\ use} = FC_{State\ B} \times L/100 \times \left(1 - \sum_{c=1}^c UF_c\right) \times K_{CO_2} \quad \dots\dots (17)$$

式中: $C_{Fuel\ use}$ —— 燃料使用过程的碳排放量, kgCO₂e
 $FC_{State\ B}$ —— 插电式混合动力电动乘用车B状态油耗, L/100km, 采用按GB/T 19753进行测定的测定值
 L —— 乘用车生命周期行驶里程, 按 (1.5×10^5) km计算
 $\sum_{c=1}^c UF_c$ —— 截止到c个试验循环的纯电利用系数累计值, 按GB/T 19753计算
 K_{CO_2} —— 转换系数, 对于燃用汽油的车型为2.37kg/L

3.3 企业平均生命周期碳排放核算方法

企业碳排放核算采用产量加权平均的方法,如式(18)所示,某企业的年度平均碳排放量用该企业各车型的碳排放量与各车型对应的生产量乘积之和除以该企业乘用车年度生产量计算得出:

$$C_{Enterprise} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i \times V_i}{\sum_{i=1}^N V_i} \quad \dots\dots (18)$$

式中: $C_{Enterprise}$ —— 企业平均碳排放量, kgCO₂e
 i —— 乘用车车型序号
 C_i —— 第*i*个车型的碳排放量, gCO₂e/km
 V_i —— 第*i*个车型的年度产量, gCO₂e/km

3.4 车队生命周期碳排放核算方法

中国汽车车队生命周期评估模型(China Automotive Fleet-based Life cycle Assessment Model, 以下简称为CAFLAM模型)主要从生命周期角度核算乘用车车队层面碳排放。相比于侧重汽车产品碳排放强度的单车模型,车队模型侧重于汽车行业层面的碳排放总量。车队模型的用途主要有以下几点:

- (1)车队模型通过历史保有量结构、车辆生存率以及未来保有量或销量等参数的输入,计算未来车队保有量结构;
- (2)根据车队保有量结构计算车队中处于不同生命周期阶段的车辆所产生的碳排放总和;
- (3)通过一系列的参数设定,计算不同情景下车队碳排放总量逐年的变化趋势;基于计算结果,为汽车行业碳减排提供相关政策建议。



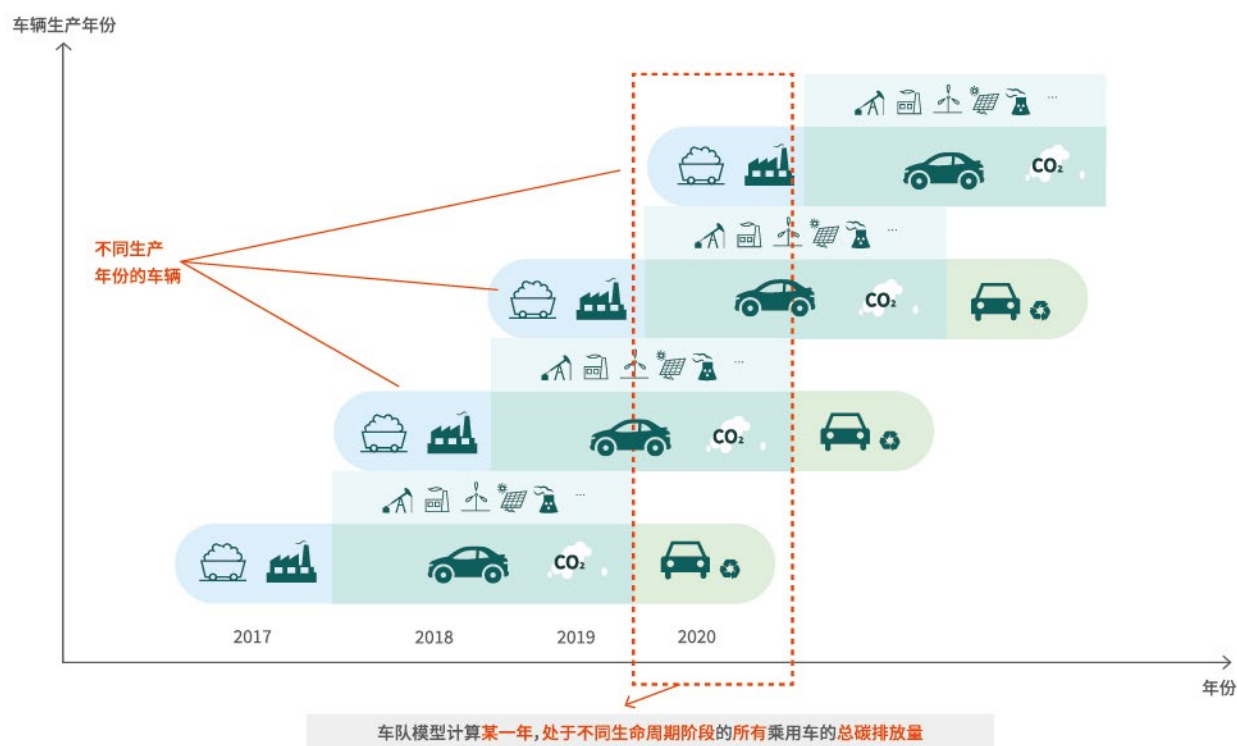


图5 乘用车单车生命周期碳排放与车队生命周期碳排放核算方法的区别

如图5所示为乘用车单车生命周期碳排放核算方法与车队生命周期碳排放核算方法的主要区别。对于乘用车单车，其碳排放核算的时间维度为该车辆的生命周期，即单车从原材料获取到车辆报废的整个时间跨度上产生的碳排放；对于乘用车车队，其碳排放核算的时间维度为一时间截面，即具体的某一年，而车队的生命周期碳排放为该年度车队保有量中处于不同生命周期阶段所有车辆的碳排放总和。

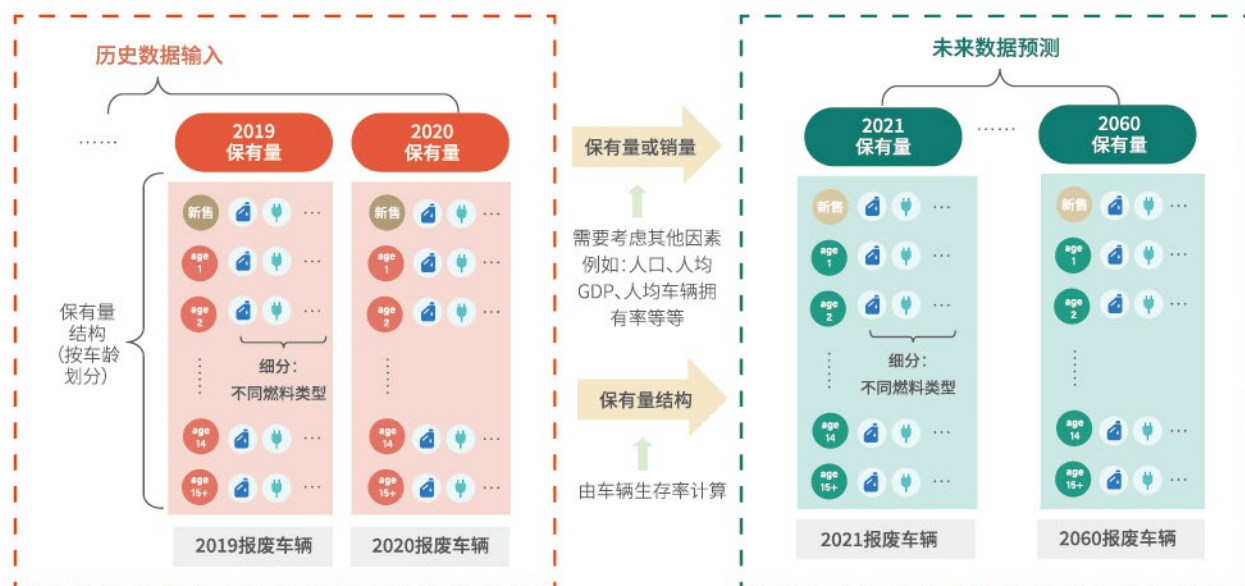


图6 乘用车车队保有量结构计算方法

对于车队层面的碳排放核算，最重要的一点就是弄清车队的保有量结构，即某一年车队保有量中不同车龄、不同燃料类型等标签下的车辆占比。首先，如前所述，处于不同生命阶段的车辆需要考虑的碳排放是不同的，例如对于当年新售的车辆，需要计算这批车辆原材料获取及车辆生产所产生的碳排放，而对于在役车辆，则

需要计算其燃料生产以及燃料使用所产生的碳排放；其次，对于不同燃料类型的车辆，其使用阶段产生的排放需要分别计算，因为不同燃料的生产阶段以及使用阶段的排放因子是不同的；此外，对于不同车龄的车辆，由于燃料消耗量以及年行驶里程可能有所不同，因此其燃料周期产生碳排放会产生差异。

车队保有量结构计算方法如图6所示，具体方法如下：

$$Stock_{y,t} = Stock_{y-1,t} + Sale_{y,t} - Scrap_{y,t} \quad \dots\dots (19)$$

式中： $Stock$ ————— 车队保有量, 辆
 $Scrap$ ————— 报废车辆, 辆
 下标： y ————— 年份
 t ————— 燃料类型
 a ————— 车龄

对于报废车辆Scrap, 有： $Scrap_{y,t,a} = Stock_{y-1,t,a} \times (1 - SR_a) \quad \dots\dots (20)$

$$Scrap_{y,t} = \sum_{a=age} Scrap_{y,t,a} \quad \dots\dots (21)$$

式中： SR ————— 车辆生存率, %

生存率的定义如下：

$$SR_a = \frac{P_{(op,a)}}{P_{(op,a-1)}} \quad \dots\dots (22)$$

即为车辆在车龄为a-1正常运行的条件下，在车龄为a时仍能正常运行的概率。本研究采用参考文献[8]中的车辆生存率计算。

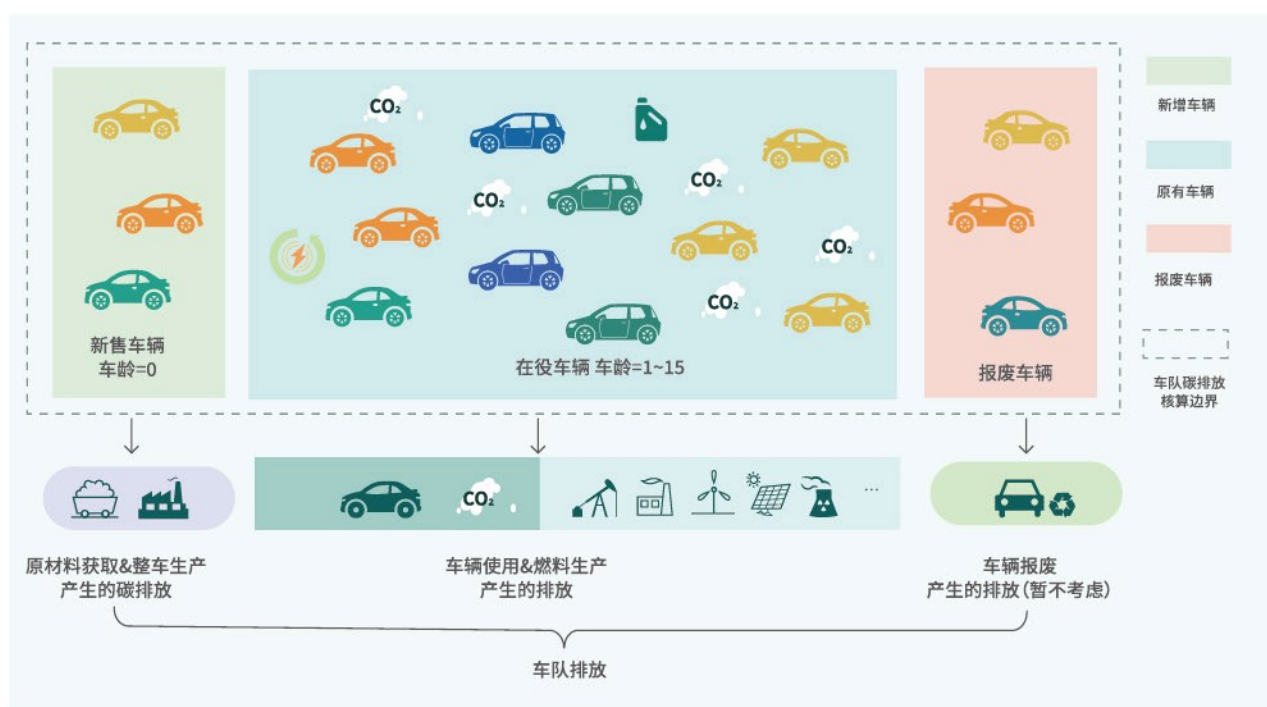


图7 乘用车车队生命周期碳排放核算边界

在获得历年的乘用车车队保有量结构之后，则可以针对不同车龄、燃料类型的车辆计算其碳排放，从而求得车队整体的碳排放。乘用车车队生命周期碳排放的核算边界如图7所示，对于车龄为0岁的车辆，即当年新增车辆，计算其原材料获取以及整车生产

所产生的碳排放；对于车龄为1~15岁的车辆，计算其使用阶段由燃料生产及燃料使用所产生的碳排放；对于报废车辆，计算其车辆报废阶段产生的碳排放，由于缺乏报废阶段数据，目前本研究中暂不考虑该阶段产生的碳排放。

乘用车车队生命周期碳排放具体核算方法如下：

$$C_{fleet,y,t} = Sale_{y,t} \times C_{vehicle,y,t} + \sum_{a=1}^{a=15} Stock_{a,y,t} \times FC_{a,y,t} \times VKT_{a,y,t} \times (CEF_{y,t} + K_{CO_2}) \quad \dots\dots (23)$$

式中： $C_{fleet,y,t}$ —— 车队生命周期碳排放, kgCO₂e $C_{vehicle,y,t}$ —— 单车车辆周期碳排放, kgCO₂e
 FC —— 燃料消耗量, L/100 km、kWh/100 km或kg/100 km
 VKT —— 车辆年行驶里程, km
 CEF —— 燃料生产的碳排放因子, kgCO₂e/L、kgCO₂e/kWh 或 kgCO₂e/kg
 K_{CO_2} —— 转换系数参考GB 27999-2019, 对于燃油汽油的车型为2.37kg/L, 燃油柴油的车型为2.60 kg/L, 纯电动乘用车为0

04

STATUS QUO ANALYSIS: RESEARCH RESULTS ON AUTOMOTIVE LIFE CYCLE GHG EMISSIONS IN 2020

现状分析:2020年汽车生命周期碳排放研究结果

4.1 单车生命周期碳排放研究结果

4.1.1 乘用车单车生命周期碳排放研究结果

4.1.1.1 乘用车生命周期碳排放总量

本研究根据前述碳排放核算方法和2020年乘用车销量数据(未含进口车型),测算了2020年乘用车生命周期碳排放总量,结果显示2020年乘用车生命周期碳排放总量巨大,为6.7亿tCO₂e,有效控制乘用车碳排放对中国实现碳减排目标和碳排放达峰至关重要。下面将对不同燃料类型、不同级别的车辆以及车辆不同生命周期阶段的碳排放进行分析。

(1) 不同燃料类型车型碳排放分析

图8展示了不同燃料类型的2020年乘用车全生命周期碳排放总量,包括汽油车、柴油车、常规混合动力车、插电式混合动力车和纯电动车。

从图8中可以看出,不同燃料类型的乘用车碳排放存在明显差异。相对于其他类型车辆,汽油车贡献了2020年销售乘用车生命周期碳排放总量的绝大部分,共排放6.3亿tCO₂e,占比94.2%;其次是纯电动车,占生命周期碳排放总量的3.0%(0.2亿tCO₂e);其余三种燃料类型的乘用车共排放了0.2亿tCO₂e,仅占比3%,对2020年销售乘用车生命周期碳排放总量贡献不大。

与2019年相似,2020年汽油车碳排放占比远超其他燃料类型的车辆,一方面在于汽油车的单车碳排放量较高;另一方面在于汽油车在2020年所销售的车型中销量占比最高。纯电动车与常规混合动力车的碳排放总量较高也与其销量有关。如图9所示,汽油车2020年销量1748.6万辆,占2020年总销量的91.9%;常规混合动力车2020年销量41.2万辆,占2020年总销量的2.2%;插电式混合动力车2020年销量20.9万辆,占2020年总销量的1.1%;纯电动车2020年销量91.0万辆,占2020年总销量的4.8%。

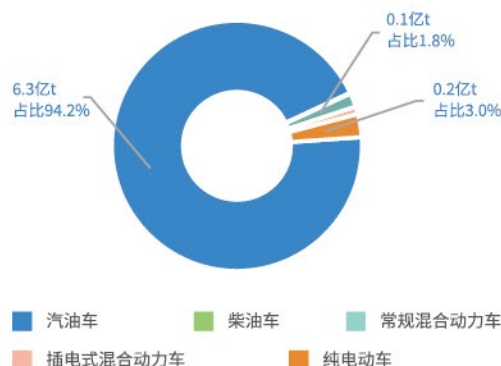
2020年不同燃料类型乘用车生命周期碳排放总量(亿tCO₂e)

图8 不同燃料类型乘用车的生命周期碳排放

2020年不同燃料类型乘用车销量(万辆)

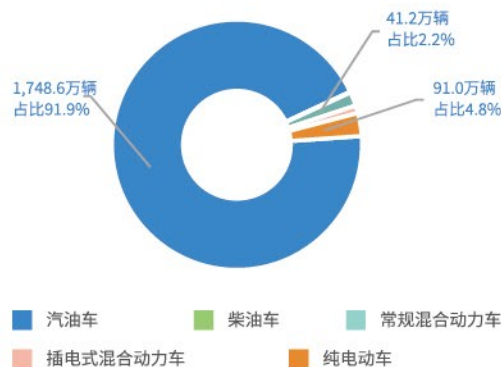


图9 2020年不同燃料类型乘用车销量

(2) 不同级别车型碳排放分析

图10展示了不同级别的2020年销售乘用车全生命周期碳排放。图11展示了不同级别乘用车的销量。本报告中的车型级别按照A00、A0、A、B、C、D和“其他”七类（车型级别划分方法见附录6）。从图10中可以看出，不同级别的乘用车碳排放存在明显差异。相对于其他级别的车辆，A级车碳排放占2020年销售乘用车生命周期碳排放总量的较大比重，共排放4.0亿tCO₂e，占比59.1%。B级车次之，共排放了1.6亿tCO₂e，占比24.3%。其余级别类型的车辆共排放1.1亿tCO₂e，仅占比16.6%。经过分析可知，A级乘用车碳排放之所以远高于其他级别的车型，主要因为其销量较其他车型高。如图11所示，A级乘用车2020年销量1,146.4万辆，占2020年总销量的60.2%。

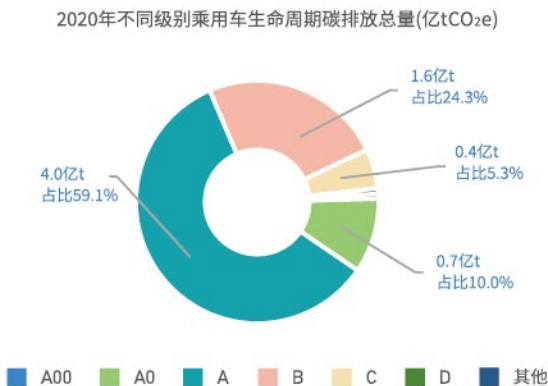


图10 不同级别乘用车的生命周期碳排放

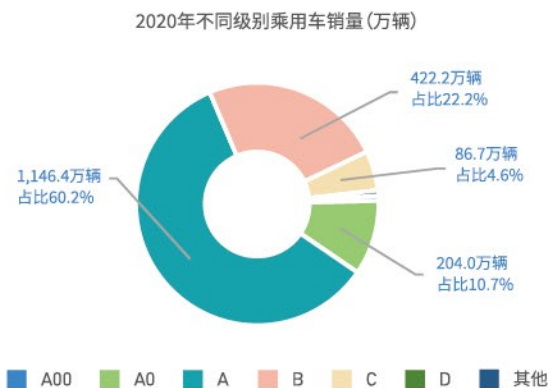


图11 2020年不同级别乘用车销量

4.1.1.2 不同燃料类型乘用车单车生命周期碳排放

根据单车碳排放的核算方法，将不同燃料类型乘用车销量加权取平均值，计算2020年不同燃料类型乘用车平均单位行驶里程的碳排放，如图12所示。五种不同燃料类型乘用车中，柴油车平均碳排放最高，明显高于其他燃料类型，为331.3gCO₂e/km；汽油车平均碳排放次之，为241.9gCO₂e/km；插电式混合动力车碳排放为211.1gCO₂e/km；常规混合动力车碳排放为196.6gCO₂e/km，纯电动车碳排放最低，为146.5gCO₂e/km。

与2019年相比，由于核算方法的更新，汽油车、柴油车、常规混合动力车、插电式混合动力车的平均碳排放均升高，纯电动车的平均碳排放降低。其中，常规混合动力车增幅17.6%，柴油车增幅17.5%，插电式混合动力车增幅16.7%，汽油车增幅15.7%，纯电动车降幅4.8%，原因在于2020年销售的纯电动车中，单位行驶里程碳排放较低的A00级纯电动车占比32.7%，对平均碳排放降低贡献较大。

相比于传统的汽油车和柴油车，常规混合动力车、插电式混合动力车和纯电动车具有碳减排潜力，其中，纯电动车碳减排潜力最大，相较于汽油车和柴油车分别减排39.5%和55.8%；常规混合动力车的碳减排次之，相较于汽油车和柴油车分别减排18.7%和40.6%。

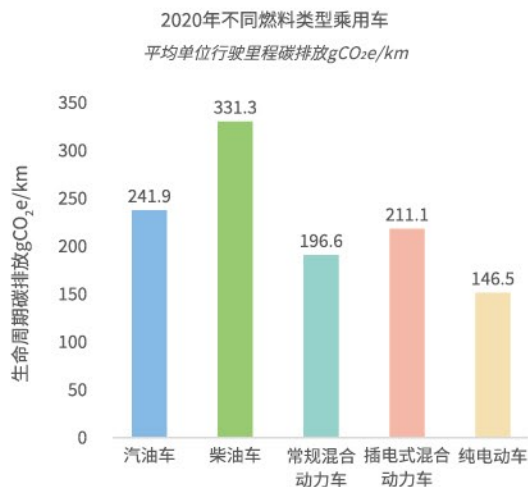


图12 2020年不同燃料类型乘用车平均单位行驶里程碳排放

(1) 不同燃料类型乘用车生命周期各阶段碳排放占比分析

图13展示了基于不同燃料类型乘用车单车碳排放数据计算出的生命周期各阶段(车辆周期和燃料周期)的占比情况。可以看出,不同燃料类型乘用车的生命周期碳排放占比差异明显,五种燃料类型的乘用车在燃料周期阶段的碳排放贡献均大于车辆周期阶段。汽油车和柴油类车碳排放主要来自燃料周期,占比分别高达76.0%和75.3%。随着车型电动化程度的增加,车辆周期占比逐渐增大,而燃料周期逐渐减小。纯电动车车辆周期碳排放和燃料周期碳排放占比接近,但燃料周期仍略高。

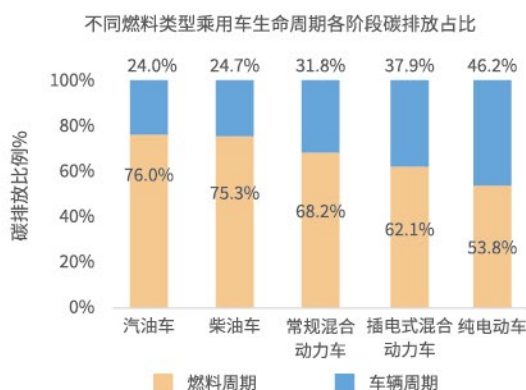


图13 不同燃料类型乘用车生命周期各阶段碳排放占比

与《中国汽车低碳行动计划研究报告2020》中的数据相比,五种燃料类型车辆的车辆周期碳排放占比均呈现增长趋势,原因在于本报告的核算方法扩大了车辆周期的核算范围。

传统燃油车和纯电动车的车辆周期和燃料周期阶段占比存在较大差距主要源于两个方面。一方面,因为电动汽车需要动力蓄电池驱动,动力蓄电池的原材料获取和电池的制造阶段会排放大量的温室气体,因此,纯电动车的车辆周期阶段碳排放相比于燃油车会增加。另一方面,因为纯电动车由电驱动,纯电动车的能量转化效率比燃油车高,且纯电动车使用过程中的直接排放为零,因此,纯电动车燃料周期的碳排放相比于燃油车会降低。

(2) 不同级别乘用车生命周期各阶段碳排放占比分析

按照车辆级别,进一步分析不同燃料类型乘用车生命周期各

阶段碳排放占比情况,如图14所示(D级车、“其他”级别乘用车不参与比较)。各燃料类型车辆,按照A00、A0、A、B、C的顺序,随着车型级别的增加(车型变大),燃料周期占比大致呈现逐渐减小的趋势,对于插电式混合动力车而言,B级车的燃料周期占比略高于A级车,原因可能是,与A级车相比,B级车平均油耗、电耗、电池容量均有所增加,其对碳排放的影响较大,导致B级车燃料周期占比增加。

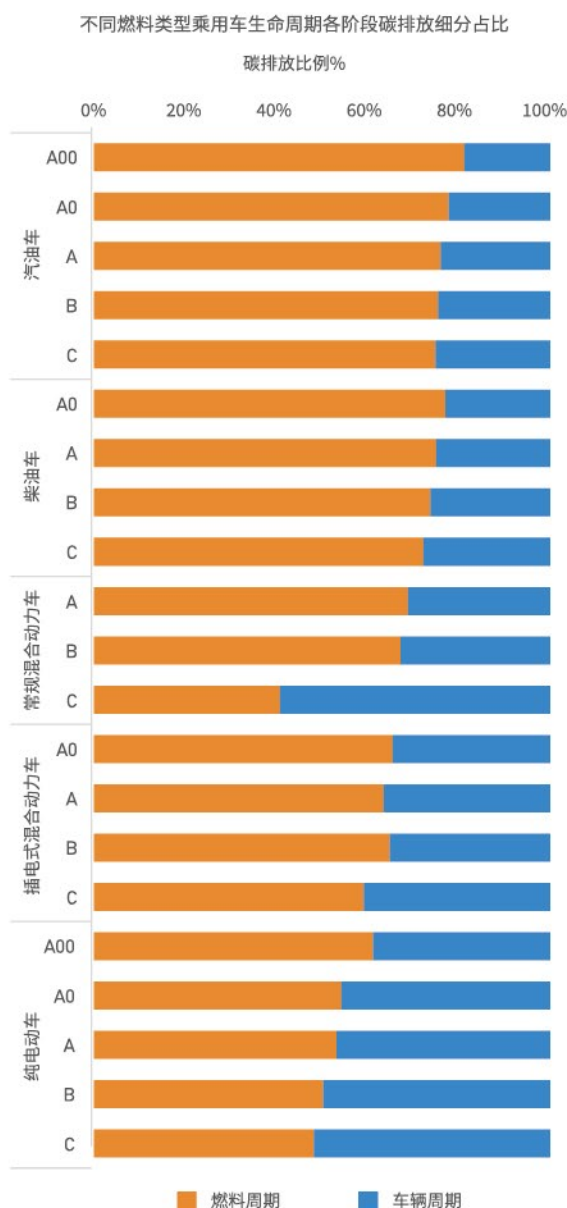


图14 不同燃料类型乘用车生命周期各阶段碳排放占比

不同燃料类型乘用车的燃料周期碳排放如图15所示,各部分占比如图16所示。不同燃料类型车型的燃料周期碳排放差距较大,分布在78.7-231.2gCO₂e/km之间,其中柴油车碳排放最大,汽油车次之,纯电动车最少。其次,不同燃料类型乘用车的燃料周期的各部分碳排放也有明显差异(见图16),汽油车、柴油车和常规混合动力车的燃料使用碳排放占比约为燃料生产的4倍;插电式混合动力车燃料使用碳排放占比约为燃料生产的1/3,应与其燃料特性有关;纯电动车燃料使用碳排放为0。

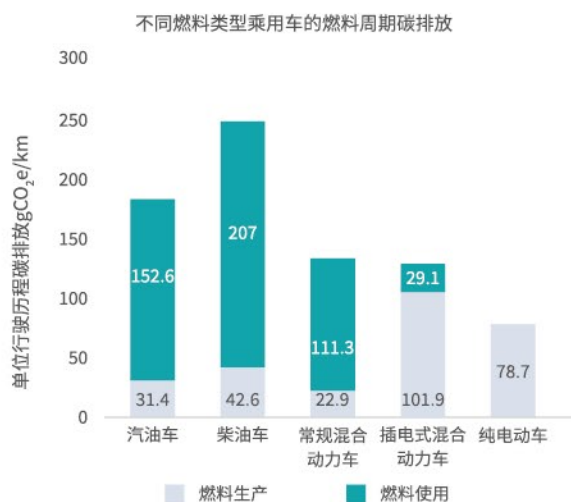


图15 不同燃料类型乘用车的燃料周期碳排放

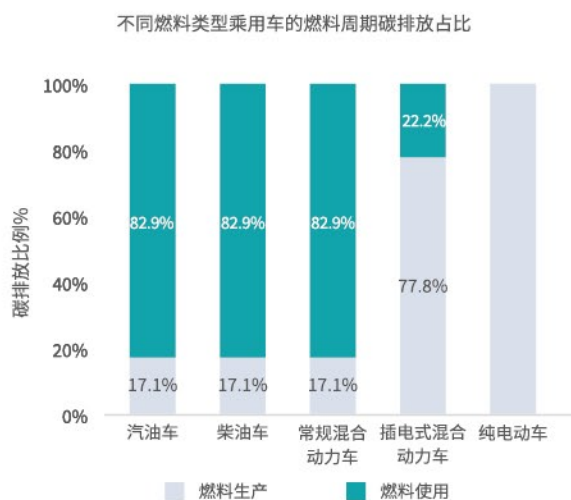


图16 不同燃料类型乘用车的燃料周期碳排放占比

不同燃料类型乘用车的车辆周期碳排放如图17所示,各部分占比如图18所示。不同燃料类型车型的车辆周期碳排放分布在58.0-80.1gCO₂e/km之间,其中柴油车碳排放最大,插电式混合动力车次之,汽油车最少。其次,不同燃料类型乘用车的车辆周期的各部分碳排放也有明显差异(见图18),原材料获取阶段的碳排放占比均最大,其次为制冷剂逸散,铅酸蓄电池更换所产生的碳排放最少。

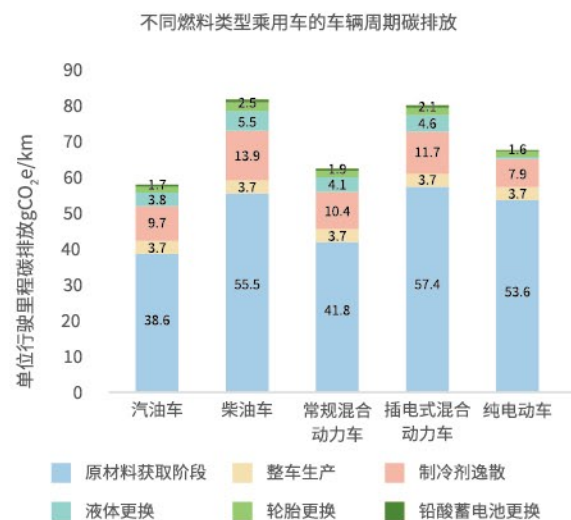


图17 不同燃料类型乘用车的车辆周期碳排放

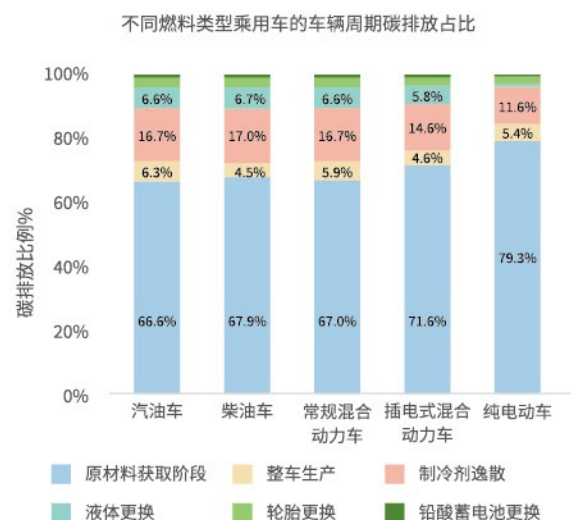


图18 不同燃料类型乘用车的车辆周期碳排放占比

不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段碳排放如图19所示,各部分占比如图20所示。原材料获取阶段碳排放分布在38.6-57.4gCO₂e/km之间,其中插电式混合动力车碳排放最大,柴油车次之,汽油车最少。其次,不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段的各部分碳排放也有明显差异(见图20),随着电动化程度增加,部件材料碳排放占比逐渐减小,动力蓄电池碳排放占比逐渐增加,汽油车、柴油车、常规混合动力车部件材料碳排放占比均超过90%,插电式混合动力车部件材料占比为77.9%,纯电动车部件材料碳排放为48.1%;常规混合动力车动力蓄电池碳排放占比0.8%,插电式混合动力车动力蓄电池碳排放占比18.3%,纯电动车动力蓄电池碳排放占比49.3%,占原材料获取阶段的近一半,超过部件材料碳排放占比。

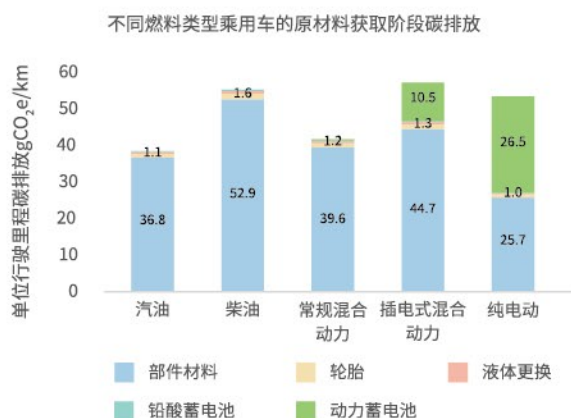


图19 不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段碳排放

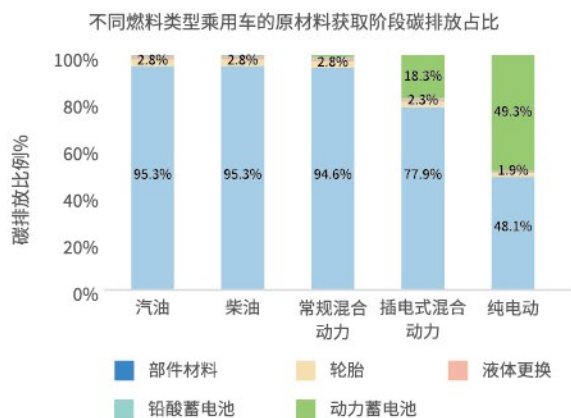


图20 不同燃料类型乘用车的原材料获取阶段碳排放占比

4.1.1.3 不同级别乘用车车型生命周期碳排放核算结果

按照各级别乘用车销量加权平均生命周期碳排放的计算方法,不同级别乘用车的单位行驶里程碳排放均值如图21、图22所示。可以看出,按照A00、A0、A、B、C的顺序,随着车型级别的增加,单位行驶里程碳排放逐渐增加,A00级车均值为101.9gCO₂e/km,C级车均值为273.4gCO₂e/km,A00级车单位行驶里程碳排放与其他级别车差距巨大的原因在于,A00级车中,碳排放较低的纯电动车销量大(销量占比99.0%),因而拉低了A00级车单位行驶里程碳排放。

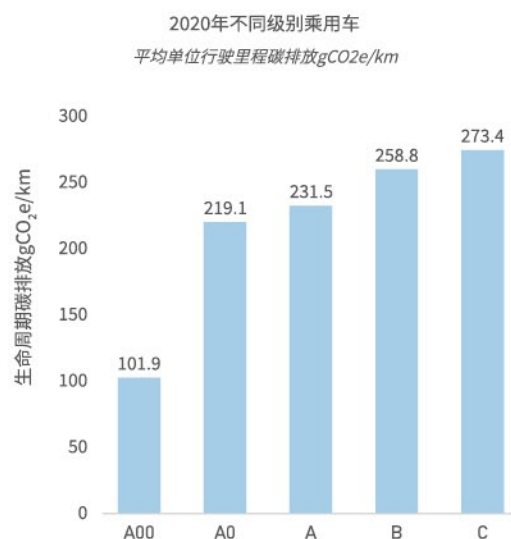


图21 不同级别乘用车单位行驶里程碳排放

注:本研究未考虑A0级柴油车(1款)、A0级插电式混合动力车(3款)、C级柴油车(1款)、C级常规混合动力车(2款)和D级车(仅有2款汽油车),因其车型较少,其单位行驶里程碳排放不具有代表性;未考虑“其他”车型,因其分类标准不明确。

在各级别不同燃料类型乘用车中,单位行驶里程碳排放均呈现按照柴油车、汽油车、插电式混合动力车、常规混合动力车、纯电动车的顺序递减趋势,与其他燃料类型相比,纯电动乘用车均具备全生命周期的碳减排潜力。

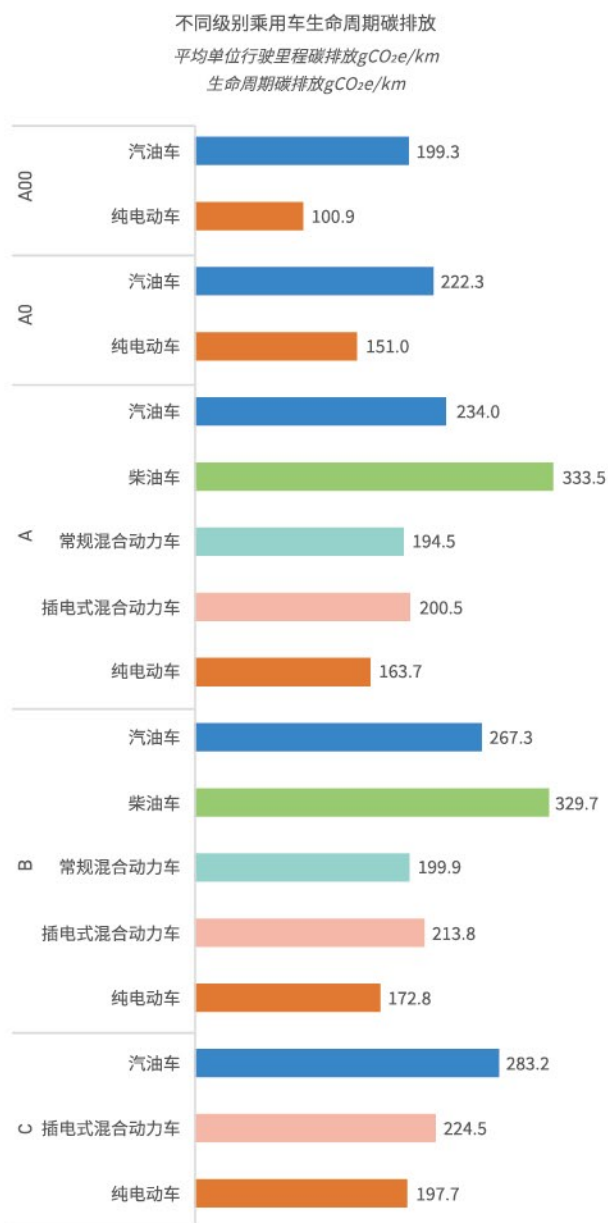


图22 不同级别乘用车单位行驶里程碳排放细分

下面将详细展示不同级别乘用车单位行驶里程碳排放。为体现代表性，根据销量对车型进行筛选；同时，在同一燃料类型下，销售名称相同的车型，筛选其单位行驶里程碳排放最高值的车型进行分析。筛选后，各燃料类型车型数据如下：汽油车392款、柴油车8款、常规混合动力车19款、插电式混合动力车49款、纯电动车112款。各级别不同燃料类型乘用车单位行驶里程碳排放排名如

下图所示，细分为轿车和SUV(含MPV)，部分筛选条件下车型数量较少，因此未作展示。

(1) A00级乘用车

本部分核算了A00级乘用车的单位行驶里程碳排放数据，纯电动车有16款车型，均为轿车。

► A00级纯电动车

轿车 Top10

图23展示了A00级纯电动轿车碳排放最低的Top 10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是宏光mini (89.4gCO₂e/km)、宝骏E100 (106.0gCO₂e/km)、宝骏E200 (106.7gCO₂e/km)、欧拉黑猫 (107.7gCO₂e/km)、欧拉白猫 (108.4gCO₂e/km)、上汽Clever (108.7gCO₂e/km)、风光E1 (112.3gCO₂e/km)、比亚迪E1 (114.9gCO₂e/km)、宝骏E300 (122.7gCO₂e/km)、北汽EC系列 (125.5gCO₂e/km)。



图23 A00级纯电动轿车 Top10车型

(2) A0级乘用车

本部分核算了A0级乘用车的单位行驶里程碳排放数据, A0级汽油车有55款车型, 纯电动车有26款车型。

► A0级汽油车

轿车 Top10

图24展示了A0级汽油轿车碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是致享(192.0gCO₂e/km)、致炫(194.9gCO₂e/km)、威驰FS(198.3gCO₂e/km)、威驰(202.0gCO₂e/km)、飞度(202.6gCO₂e/km)、焕驰(205.4gCO₂e/km)、起亚K2(209.7gCO₂e/km)、宝骏310(211.7gCO₂e/km)、瑞纳(217.8gCO₂e/km)、大众POLO(218.7gCO₂e/km)。A0级汽油轿车TOP10之间单位行驶里程碳排放差异不大, 主要是由于其不同车型间整备质量和油耗的差异较小。



图24 A0级汽油轿车 Top10车型

SUV Top10

图25展示了A0级汽油SUV(含MPV)碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是劲客(213.7gCO₂e/km)、奕跑(218.3gCO₂e/km)、远景X3(222.5gCO₂e/km)、现代ENCINO(228.0gCO₂e/km)、奥迪Q2L(229.5gCO₂e/km)、传祺GS3(231.6gCO₂e/km)、缤越(233.8gCO₂e/km)、长安CS15(237.5gCO₂e/km)、宝骏510(239.6gCO₂e/km)、MG ZS(240.6gCO₂e/km)。A0级汽油SUV的单位行驶里程碳排放普遍高于轿车, 与SUV油耗和整备质量较高有关。



图25 A0级汽油SUV Top10车型

► A0级纯电动车Top 4

轿车 Top4

图26展示了4款A0级纯电动轿车的碳排放。单位行驶里程碳排放由低到高分别是哪吒V(129.6gCO₂e/km)、比亚迪E2(147.6gCO₂e/km)、奇瑞eQ2(147.7gCO₂e/km)、江淮iEV7(148.4gCO₂e/km)。



图26 A0级纯电动轿车 Top4车型

SUV Top10

图27展示了A0级纯电动SUV(含MPV)碳排放最低的Top 10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是哪吒N01 (144.8gCO₂e/km)、比亚迪S2 (148.3gCO₂e/km)、比亚迪D1 (154.5gCO₂e/km)、MG ZS (157.4gCO₂e/km)、奥迪Q2L (157.7gCO₂e/km)、长行 (158.7gCO₂e/km)、长安CS15 (160.6gCO₂e/km)、比亚迪元 (162.7gCO₂e/km)、思铭X-NV (166.9gCO₂e/km)、思皓 (167.0gCO₂e/km)。



图27 A0级纯电动SUV Top10车型

(3) A级乘用车

本部分核算了A级乘用车的单位行驶里程碳排放数据,A级汽油车有202款车型,常规混合动力车有11款车型,插电式混合动力车有30款车型,纯电动车有47款车型。

► A级汽油车

轿车 Top10

图28展示了A级汽油轿车碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是蓝鸟 (201.2gCO₂e/km)、骐达 (201.3gCO₂e/km)、伊兰特 (203.4gCO₂e/km)、享域 (207.3gCO₂e/km)、捷达VA3 (207.8gCO₂e/km)、启辰D60 (212.7gCO₂e/km)、荣威i5 (213.5gCO₂e/km)、科沃兹 (214.3gCO₂e/km)、福睿斯 (217.8gCO₂e/km)、福克斯 (218.3gCO₂e/km)。



图28 A级汽油轿车 Top10车型

SUV Top10

图29展示了A级汽油SUV(含MPV)碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是途铠(218.6gCO₂e/km)、探影(220.0gCO₂e/km)、奕泽(221.9gCO₂e/km)、丰田C-HR(221.9gCO₂e/km)、柯米克GT(224.1gCO₂e/km)、柯珞克(225.7gCO₂e/km)、柯米克(229.9gCO₂e/km)、马自达CX-30(230.9gCO₂e/km)、欧尚X5(231.0gCO₂e/km)、帝豪GS(231.2gCO₂e/km)。



图29 A级汽油SUV Top10车型

► A级常规混合动力车

轿车 Top4

图30展示了A级常规混合动力轿车单位行驶里程碳排放最低的Top4车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是凌派(170.8gCO₂e/km)、享域(172.1gCO₂e/km)、卡罗拉(173.9gCO₂e/km)、雷凌(174.6gCO₂e/km)。



图30 A级常规混合动力轿车 Top4车型

轿车 Top7

图31展示了A级常规混合动力SUV(含MPV)单位行驶里程碳排放最低的Top7车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是领克01(203.7gCO₂e/km)、讴歌CDX(206.2gCO₂e/km)、威兰达(208.0gCO₂e/km)、丰田RAV4(209.3gCO₂e/km)、皓影(213.1gCO₂e/km)、本田CR-V(225.9gCO₂e/km)、奥德赛(240.7gCO₂e/km)。A级常规混合动力SUV单位行驶里程碳排放差异较大,分布在203.7-240.7gCO₂e/km之间。

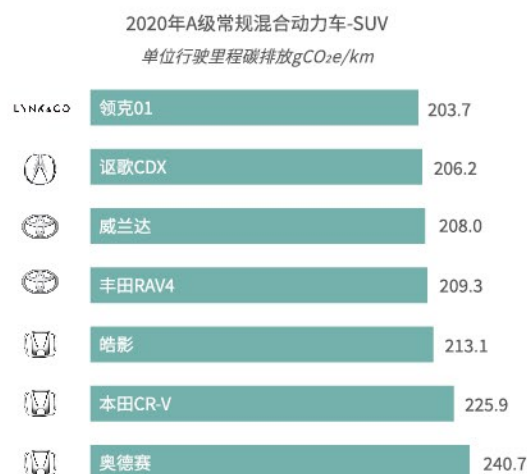


图31 A级常规混合动力车 Top7车型

► A级插电式混合动力车

轿车 Top10

图32展示了A级插电式混合动力轿车单位行驶里程碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是荣威ei6 (160.5gCO₂e/km)、领动 (160.7gCO₂e/km)、卡罗拉 (162.2gCO₂e/km)、雷凌 (162.2gCO₂e/km)、荣威ei6 MAX (167.7gCO₂e/km)、MG6 (168.2gCO₂e/km)、起亚K3 (169.6gCO₂e/km)、帝豪 (172.7gCO₂e/km)、别克Velite6 (182.6gCO₂e/km)、帝豪GL (197.0gCO₂e/km)。这10款车型的单位行驶里程碳排放差距较大, 介于160.5~197.0gCO₂e/km。



图32 A级插电式混合动力轿车 Top10车型

SUV Top10

图33展示了A级插电式混合动力SUV(含MPV)单位行驶里程碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是传祺GS4 (182.7gCO₂e/km)、世锐 (185.7gCO₂e/km)、星越 (197.4gCO₂e/km)、比亚迪宋MAX (202.2gCO₂e/km)、嘉际 (202.5gCO₂e/km)、荣威eRX5 (204.7gCO₂e/km)、上汽大通EUNIQ5 (207.7gCO₂e/km)、MG HS (213.1gCO₂e/km)、天逸 (215.1gCO₂e/km)、比亚迪宋 (217.5gCO₂e/km)。



图33 A级插电式混合动力SUV Top10车型

► A级纯电动车

轿车 Top10

图34展示了A级纯电动轿车单位行驶里程碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是e爱丽舍 (143.4gCO₂e/km)、比亚迪E3 (147.7gCO₂e/km)、欧拉iQ (148.9gCO₂e/km)、高尔夫 (149.1gCO₂e/km)、欧拉好猫 (149.5gCO₂e/km)、轩逸 (151.4gCO₂e/km)、宝来 (152.4gCO₂e/km)、启辰D60 (156.8gCO₂e/km)、朗逸 (157.0gCO₂e/km)、菲斯塔 (159.7gCO₂e/km)。



图34 A级纯电动轿车 Top10车型



图34 A级纯电动轿车 Top 10车型

SUV Top10

图35展示了A级纯电动SUV(含MPV)单位行驶里程碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是奕泽(164.3gCO₂e/km)、科尚(165.1gCO₂e/km)、丰田C-HR(165.7gCO₂e/km)、荣威ERX5EV(166.0gCO₂e/km)、帝豪GSe(166.9gCO₂e/km)、捷途X70S(168.5gCO₂e/km)、瑞虎E(168.7gCO₂e/km)、别克Velite7(169.6gCO₂e/km)、红旗E-HS3(171.5gCO₂e/km)、几何C(172.4gCO₂e/km)。这10款车型的单位行驶里程碳排放没有明显差距,介于164.3~172.4gCO₂e/km。



图35 A级纯电动SUV Top10车型

(4) B级乘用车

本部分核算了B级乘用车的单位行驶里程碳排放数据,A级汽油车有108款车型,常规混合动力车有6款,插电式混合动力车有11款车型,纯电动车有17款车型。

B级汽油车

轿车 Top10

图36展示了B级汽油轿车碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是本田INSPIRE(230.9gCO₂e/km)、凯美瑞(234.2gCO₂e/km)、标致508L(237.9gCO₂e/km)、传祺GA6(240.1gCO₂e/km)、亚洲龙(240.6gCO₂e/km)、天籁(249.9gCO₂e/km)、沃兰多(249.9gCO₂e/km)、迈锐宝XL(251.0gCO₂e/km)、星瑞(251.7gCO₂e/km)、北京U7(253.0gCO₂e/km)。这10款车型的单位行驶里程碳排放没有明显差距,介于230.9~254.5gCO₂e/km。

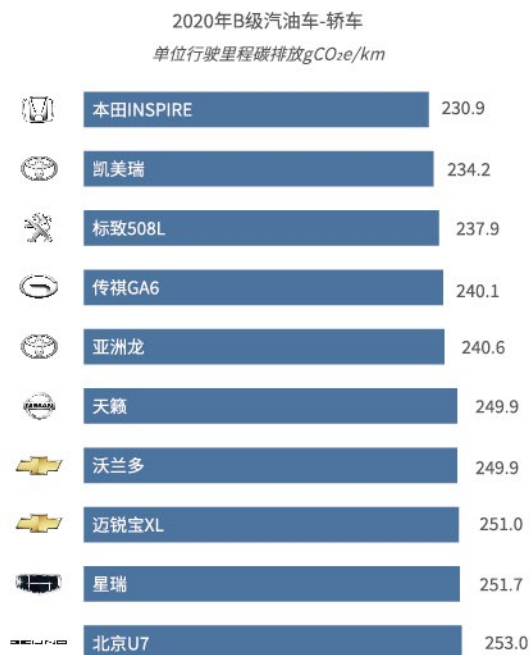


图36 B级汽油轿车 Top10车型

SUV Top10

图37展示了B级汽油SUV碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是启辰T90 (244.2gCO₂e/km)、标致5008 (256.5gCO₂e/km)、比亚迪宋PLUS (258.0gCO₂e/km)、奔驰GLB级 (267.0gCO₂e/km)、北京X7 (270.5gCO₂e/km)、欧尚X7 (273.4gCO₂e/km)、上汽大通D60 (274.6gCO₂e/km)、哈弗H7 (278.3gCO₂e/km)、风光580 (278.5gCO₂e/km)、五菱宏光S3 (279.4gCO₂e/km)。这10款车型的单位行驶里程碳排放没有明显差距, 介于256.5~285.6gCO₂e/km。



图37 B级汽油SUV Top10车型

► B级常规混合动力车

轿车 Top4

图38展示了B级常规混合动力车碳排放最低的Top4车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是凯美瑞 (181.2gCO₂e/km)、亚洲龙 (188.0gCO₂e/km)、本田INSPIRE (188.2gCO₂e/km)、雅阁 (189.8gCO₂e/km)。这4款车型的单位行驶里程碳排放没有明显差距, 介于181.2~189.8gCO₂e/km。



图38 B级常规混合动力轿车 Top4车型

► B级插电式混合动力车

轿车 Top7

图39展示了B级插电式混合动力轿车碳排放最低的Top7车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是起亚K5 (184.4gCO₂e/km)、博瑞GE (202.0gCO₂e/km)、荣威e950 (204.0gCO₂e/km)、索纳塔九 (204.1gCO₂e/km)、帕萨特 (206.9gCO₂e/km)、迈腾 (221.0gCO₂e/km)、沃尔沃S60L (233.3gCO₂e/km)。这8款车型的单位行驶里程碳排放差距明显, 介于184.4~233.3gCO₂e/km。



图39 B级插电式混合动力轿车 Top7车型

SUV Top4

图40展示了B级插电式混合动力SUV碳排放最低的Top8车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是风光580 (210.2gCO₂e/km)、指挥官 (245.2gCO₂e/km)、魏派VV7 (246.9gCO₂e/km)、沃尔沃XC60 (256.7gCO₂e/km)。这4款车型的单位行驶里程碳排放差距明显, 介于210.2~256.7gCO₂e/km。



图40 B级插电式混合动力SUV Top4车型

B级纯电动车

轿车 Top5

图41展示了B级纯电动轿车碳排放最低的Top5车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是传祺AION.S (165.1gCO₂e/km)、广汽iA5 (165.1gCO₂e/km)、江淮iC5 (173.9gCO₂e/km)、北汽EU7 (178.4gCO₂e/km)、特斯拉Model 3 (182.2gCO₂e/km)。这5款车型的单位行驶里程碳排放差距不大, 介于165.1~182.2gCO₂e/km之间。



图41 B级纯电动轿车 Top5车型

SUV Top10

图42展示了B级纯电动SUV碳排放最低的Top10车型。单位行驶里程碳排放由低到高分别是MARVEL R (177.7gCO₂e/km)、欧尚X7 (180.4gCO₂e/km)、蚂蚁 (187.7gCO₂e/km)、传祺AION V (196.7gCO₂e/km)、菱智 (198.7gCO₂e/km)、宝马iX3 (212.2gCO₂e/km)、合创007 (217.8gCO₂e/km)、传祺AION LX (224.3gCO₂e/km)、北汽ARCFOX αT (228.2gCO₂e/km)、蔚来EC6 (233.4gCO₂e/km)。这10款车型的单位行驶里程碳排放差距较大, 介于177.7~233.4gCO₂e/km之间。



图42 B级纯电动SUV Top10车型

(4) C级乘用车

本部分核算了C级乘用车的单位行驶里程碳排放数据, C级汽油车有17款车型。

C级汽油车

轿车 Top10

图43展示了C级汽油轿车碳排放最低的Top10车型。单位行

驶里程碳排放由低到高分别是雪铁龙C6 (253.0gCO₂e/km)、凯迪拉克CT5 (271.2gCO₂e/km)、沃尔沃S90 (272.0gCO₂e/km)、金牛座 (284.1gCO₂e/km)、宝马5系 (295.3gCO₂e/km)、凯迪拉克XTS (319.7gCO₂e/km)、捷豹XFL (322.5gCO₂e/km)、奔驰E级 (323.8gCO₂e/km)、红旗H7 (330.6gCO₂e/km)、皇冠 (334.0gCO₂e/km)。



图43 C级汽油轿车 Top10车型

4.2 企业生命周期碳排放研究结果

4.2.1 乘用车企业生命周期碳排放研究结果

4.2.1.1 整体情况概述

本部分根据企业中乘用车销量加权单位行驶里程碳排放数据核算了企业平均碳排放数据, 2020年销售乘用车分别来自122家企业。通过核算结果, 企业所生产的乘用车碳排放介于92.3~523.0gCO₂e/km, 算数平均值为232.8gCO₂e/km, 企业之间平均碳排放具有明显差距, 其中一些以电动车为主的企业平均

碳排放较低, 例如领途汽车有限公司平均碳排放最低, 为92.3gCO₂e/km。而以燃油车为主的企业平均碳排放较高, 例如北汽泰普越野车科技有限公司的企业平均碳排放为414.1gCO₂e/km, 约为前述公司的4.6倍, 原因在于其主要生产车型整备质量、油耗均比较大; 而中恒天越野汽车作为平均碳排放最大的公司523.9gCO₂e/km, 由于其主要生产C级SUV车型, 整备质量和燃料消耗量大, 企业平均碳排放远超其他公司。

4.2.1.2 不同系别企业平均碳排放

图44展示了不同系别企业平均碳排放。从图中可知, 在中国主要有八大系别的汽车企业, 各系别企业平均碳排放介于214.7~280.5gCO₂e/km, 其中美系、韩系、法系和自主企业平均碳排放较低, 其企业平均碳排放分别为214.7gCO₂e/km、222.0gCO₂e/km、227.6gCO₂e/km和229.7gCO₂e/km。美系、韩系、法系企业平均碳排放较低的原因在于销售的车型多为A0、A级等碳排放较低的车型; 自主企业平均碳排放较低的原因应为低碳排放量的A00级纯电动车销量较高, 进而拉低了企业平均碳排放量。

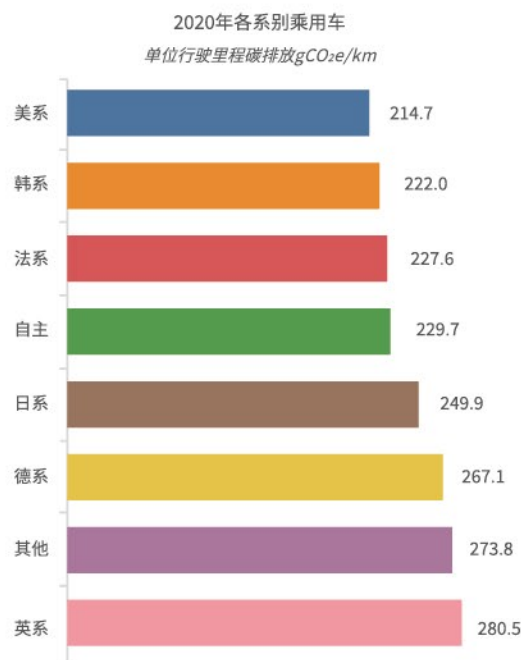


图44 企业平均碳排放

4.3 车队生命周期碳排放研究结果

根据中汽数据统计, 2012年至2020年我国乘用车保有量如图45所示。可见, 我国乘用车保有量依然保持较为稳定的增长趋势, 汽油车仍然为最主要的燃料类型, 其在2020年乘用车保有量中占比达96%以上。

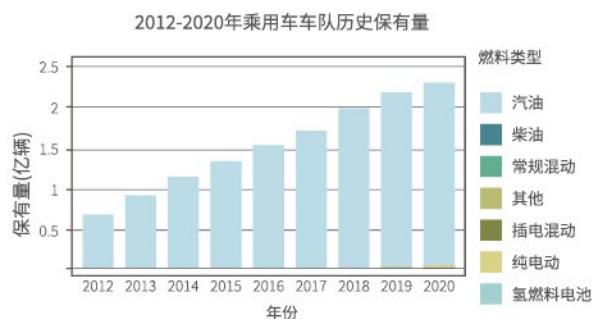
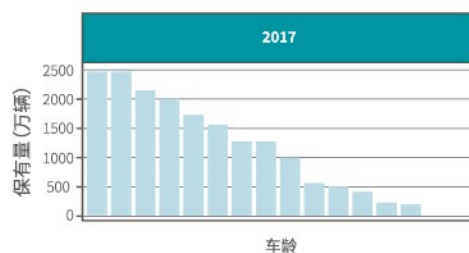
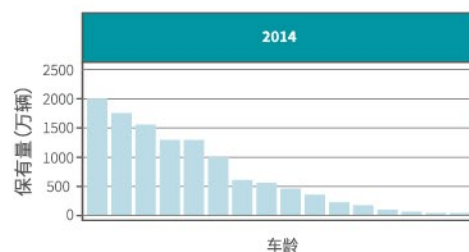
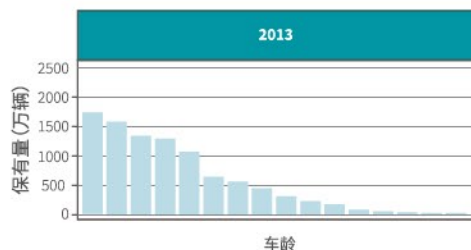
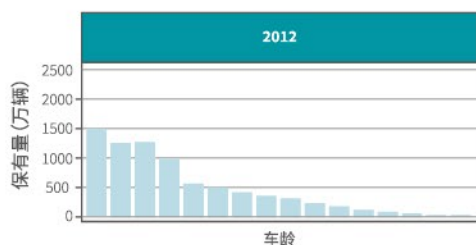


图45 2012年至2020年我国乘用车保有量

如图46所示为我国2012至2020年历年乘用车车队按照车龄以及燃料类型分类得到的保有量结构, 其中, 车龄为0岁的车辆即为当年的新售车辆。对于2019年、2020年的新售车辆, 其数量较之前的年份有较为明显的下降。另外对于车龄为15岁的车辆, 其中包含车辆为15岁以及车辆大于15岁的车辆。



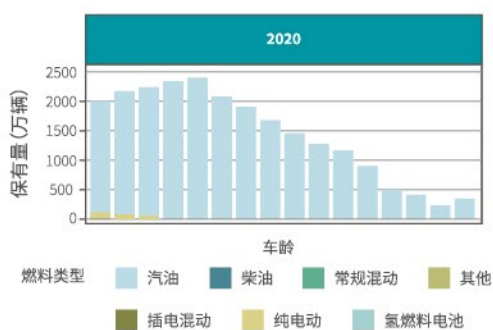


图46 2012年至2020年乘用车车队保有量结构

按照车队模型中碳排放的计算方法，可以计算得到2020年度乘用车车队碳排放总量。

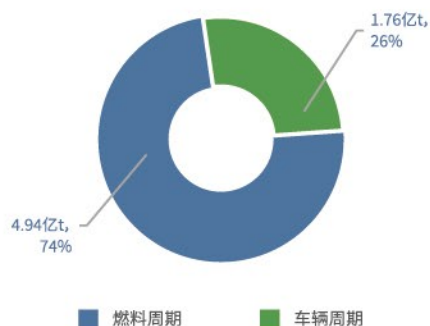
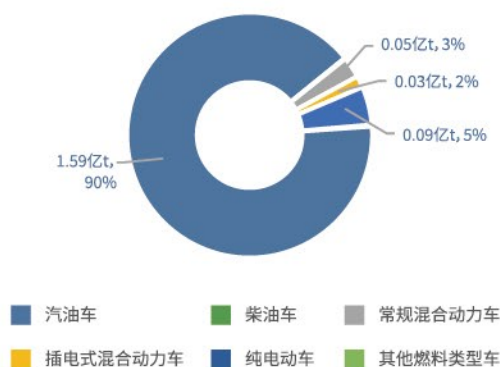
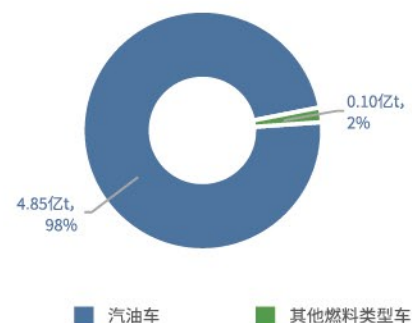
(a) 2020年乘用车车队生命周期碳排放(亿tCO₂e)(b) 2020年乘用车车队车辆周期碳排放(亿tCO₂e)(c) 2020年乘用车车队燃料周期碳排放(亿tCO₂e)

图47 2020年度乘用车车队生命周期碳排放

通过乘用车单车模型CALCM以及车队模型CALFAM计算，可以得到我国乘用车车队生命周期碳排放水平。如图47(a)所示，2020年我国乘用车车队生命周期碳排放总量约为6.7亿tCO₂e，其中约有74%的碳排放来自车队的燃料周期，26%的碳排放来自车队的车辆周期；如图47(b)所示，对于车队的车辆周期，汽油车产生的碳排放约占90%，其次分别为插电式混合动力车、柴油车以及常规混合动力车，分别占5%、3%和2%，随着新能源车的逐步推广，插电式混合动力车和柴油车在车队车辆周期碳排放中的占比将逐步增高；如图47(c)所示，在燃料周期所产生的碳排放中，绝大部分碳排放来自汽油车，约占98%以上。

05

CARBON NEUTRALITY PATHWAY ANALYSIS OF AUTO INDUSTRY

汽车行业碳中和的路径分析

5.1 总体技术路线

汽车行业涉及能源、工业、交通等多个领域,实现汽车行业碳中和目标,需要综合考虑各个方面的因素,探索实际可行的减排路径。本研究采用自下而上的方法,从单车层面入手,通过CALCM模型计算得到不同类型乘用车不同生命周期阶段的碳排放参数,结合保有量和销量的预测数据,利用CAFLAM模型对车队层面的生命周期碳排放进行计算,在此基础上进行情景分析,研究不同减排措施对汽车行业碳中和的影响,分析切实可行的减排路径。整体技术路线图如图48所示。

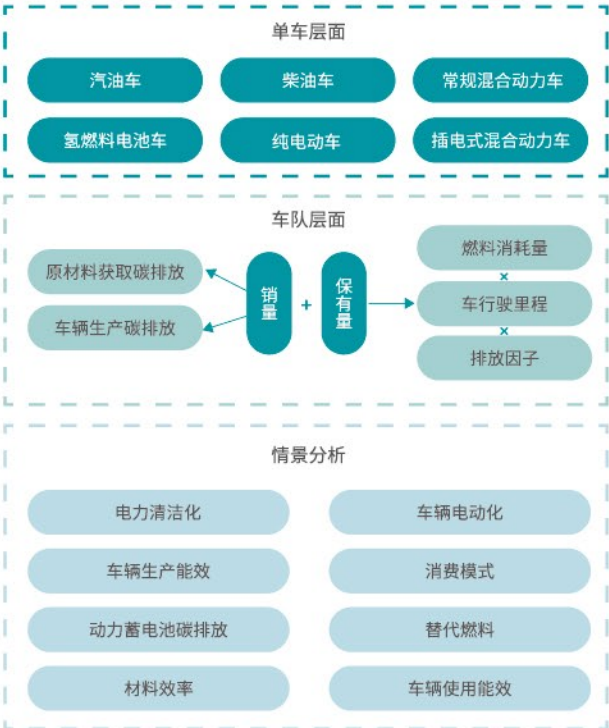


图 48 汽车行业碳中和分析技术路线图

如图49所示,根据中汽数据预测,我国乘用车保有量在未来很长一段时间内都呈现出增长的趋势,预计在2050年达到峰值,约为4.1亿辆;新车销量也将在2020年至2050年的时间内呈现增长趋势,预计在2050左右新车销售量达到峰值,约为3600万辆。



图 49 我国乘用车车队保有量以及销量预测值

由此可见,我国乘用车保有量的增长潜力仍然十分巨大,如不加以有效减排措施,乘用车车队产生的碳排放将会随着保有量和新车销量的增长持续增加,汽车行业碳排放占我国碳排放总量的比例也将不断升高。因此,需要分析乘用车车队不同减排路径的减排效果,在不同的时间阶段采用最有效的减排措施,才能尽早实现汽车行业碳达峰、碳中和的目标。

5.2 碳中和路径分析

在确定了我国乘用车保有量将在未来很长一段时期里呈现增长趋势这一基本情况后,如何在保有量增长的同时降低车队碳排放

放总量是实现汽车行业碳中和的关键问题。为此，需要探索车队生命周期的不同减排方式，通过综合评估不同的减排措施对乘用车车队生命周期碳排放的影响，确定能够实现我国汽车行业碳中和目标的有效路径。

5.2.1 情景设置

为了评估不同减排路径对乘用车车队的减排效果，本研究基于一系列权威报告、行业信息、学术研究以及内部分析，设定了三种低碳减排情景，即现有政策情景、中度减排情景以及强化减排情景，每种情景中设定了不同减排参数，之后通过乘用车车队生命周期碳排放模型进行计算分析，评估不同情景下乘用车单车生命周期碳排放强度、车队生命周期碳排放总量、燃料周期以及车辆周期碳排放占比的变化等信息。对于不同情景，本研究中主要考虑电力清洁化、车辆电动化、替代燃料、材料效率、车辆生产能效、动力电池碳排放、车辆使用能效和消费模式八种减排措施作为影响因素进行研究。

5.2.1.1 现有政策情景

现有政策情景基于我国现状设定，相关参数变化趋势与历史变化趋势接近，参数年变化率较为缓和。该情景中非化石能源发电占比逐步提升，预计在2030年非化石能源发电占比45%左右，2060年非化石能源发电占比94%左右；车辆电动化比例稳步提升，传统燃料类型车预计在2060年禁售；氢燃料电池车销售量逐步提升，随后在新售车辆中保持一定比例；重点材料用能结构逐步优化；车辆生产能效逐步提升；车辆使用能效逐步提升；循环材料使用比例逐年稳步提升；车辆年行驶里程保持不变。

5.2.1.2 中度减排情景

中度减排情景在现有政策情景的基础上，各项减排参数年变化率均有一定幅度的提升。该情景中非化石能源发电占比逐年提升较大，预计在2030年非化石能源发电占比51%左右，2060年非化石能源发电占比96%左右；车辆电动化比例提升较快，传统燃料类型车预计在2050年禁售；氢燃料电池车销售量逐步提升，随后

在新售车辆中保持一定比例；重点材料用能结构优化较快；车辆生产能效年变化率增高；车辆使用能效年变化率增高；循环材料使用比例逐年提升较快；车辆年行驶里程小幅下降。

5.2.1.3 强化减排情景

强化减排情景为最激进情景，相关减排参数均以减排最大值设定，各项参数年变化率大幅增加。该情景中非化石能源发电占比逐年提升最快，预计在2030年非化石能源发电占比53%左右，2060年非化石能源发电占比97%左右；车辆电动化比例大幅提升，传统燃料类型车预计在2035年禁售；氢燃料电池车销售量逐步提升，随后在新售车辆中保持一定比例；重点材料能源结构优化迅速；车辆生产能效年变化率大幅增加；车辆使用能效年变化率快速提升；循环材料使用比例逐年大幅提升；车辆年行驶里程下降幅度较大。

5.2.2 参数设定

本小结将详细介绍三种情景中的相关减排参数设定。

5.2.2.1 电网清洁化

我国电力结构的调整以及可再生能源发电占比的提升对汽车行业的低碳化发展有着至关重要的作用。一方面，随着乘用车车队电动化的推进，传统燃油车的逐步淘汰，乘用车车队燃料周期的碳排放将逐渐向能源供应侧转移，电力排放因子将直接决定车队燃料周期的碳排放；另一方面，从车队的车辆周期考虑，车辆的原材料获取以及车辆生产等各个阶段产生的排放均与电力排放因子密切相关。目前我国电网平均的碳排放因子相比于欧美等发达国家还比较高，主要是因为我国煤电占比较高。这也是由我国多煤、贫油、少气的资源储量特点决定的。从能源安全的角度出发，煤电是我国电力安全的保障，但出于碳减排的需求，煤电在降低排放的过程中需要考虑逐步限制，并提升可再生能源的发电占比，同时加强电网的建设，提升电力的调度能力，发展储能技术，防止由于风电、光伏等可再生电力的占比增加而可能造成的类似美国德州大停电这样的潜在问题。

本研究中电力因子的设定主要根据不同情景下各类能源发电占比计算得到, 相关数据主要参考《IPCC第五次评估报告》[9]、《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望等报告》[10], 以及国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、国家发展和改革委员会能源研究所、中国电力企业联合会等机构的相关研究成果。

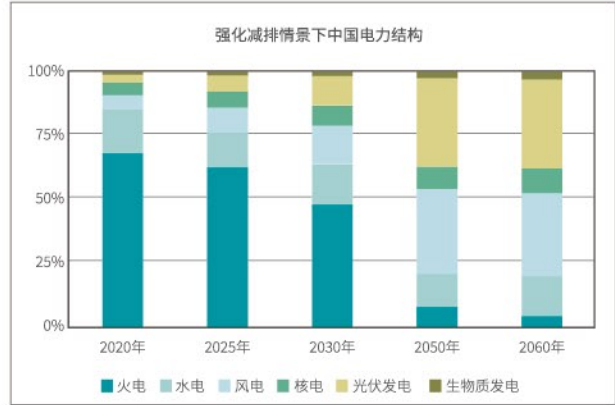


图 50 三种情景下我国电力结构预测

如图50所示, 分别为现有政策情景、中度减排情景以及强化减排情景下, 2020年至2060年我国各类能源发电占比, 三种情景的主要差别为可再生能源发电占比随时间的变化, 在现有政策情景中, 可再生能源发电占比的增长速度最慢, 在强化减排情景中可再生能源发展占比的增长速度最快。根据三种情景下的能源结构, 可以计算得到不同年份全国电网平均的电力碳排放因子, 如图51所示。

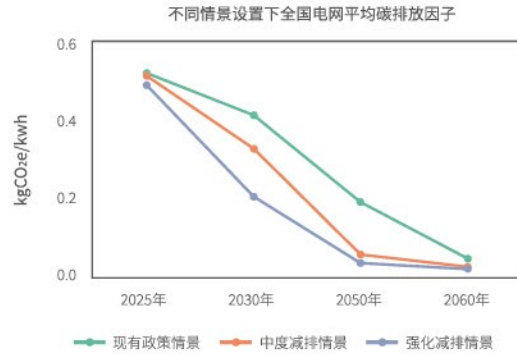


图 51 三种情景下我国电力平均碳排放因子

5.2.2.2 车辆电动化

乘用车车队电动化的实现主要通过在新售车辆中提升新能源车的投放比例、限制传统燃料车的出售逐步实现。随着在役传统燃料车的退役，新售车辆中新能源车辆的增加，逐步实现保有量中新能源车占比的提升。

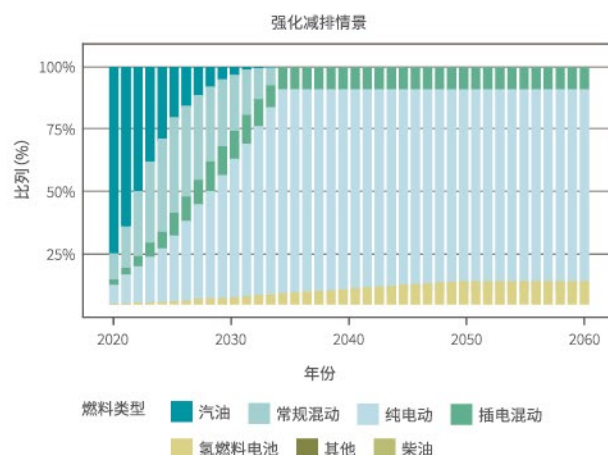
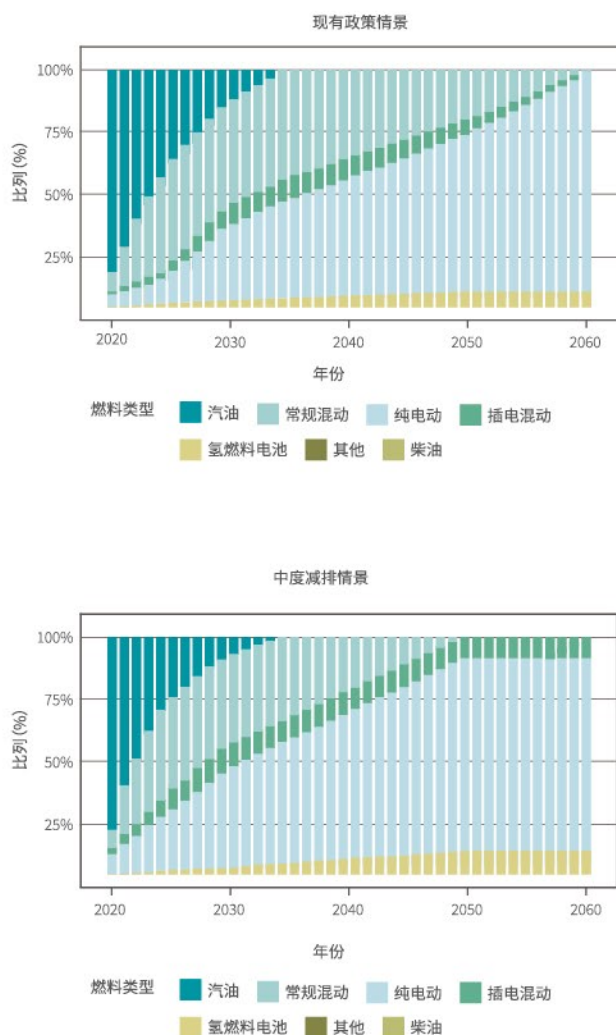
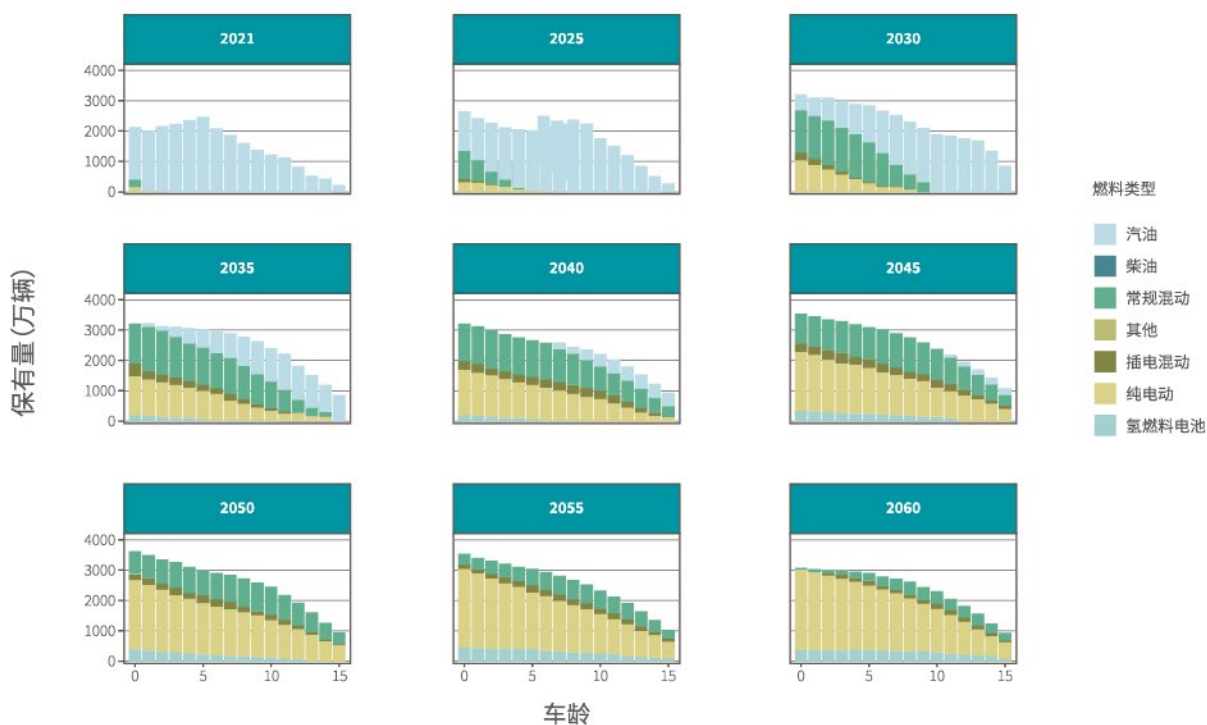


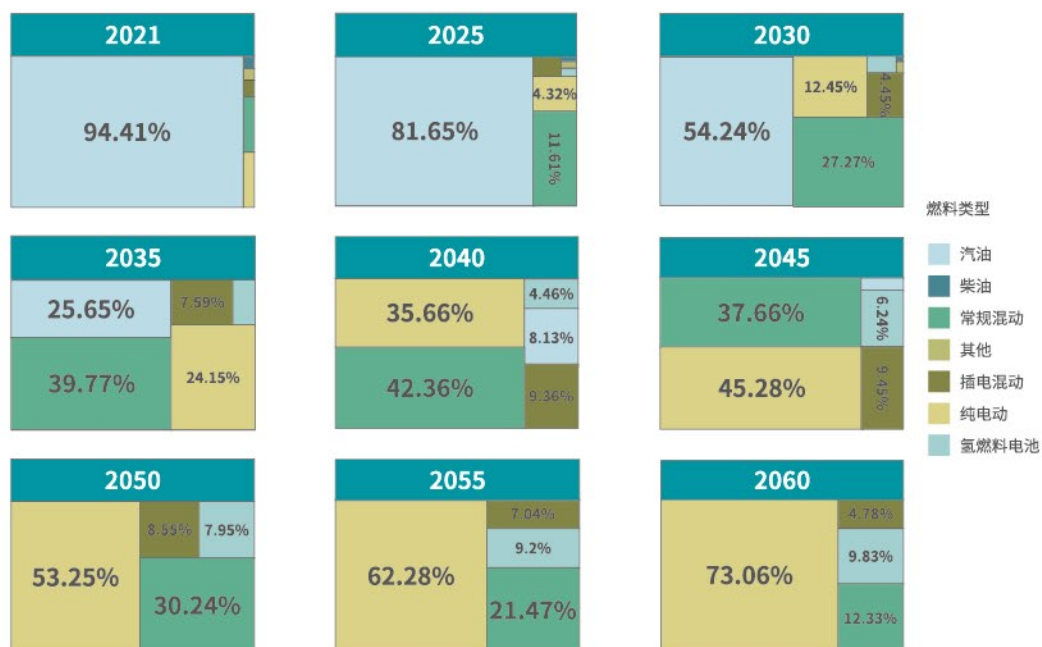
图 52 三种情景下新车销量中各类燃料类型占比

在本研究对未来新车销售量的预测基础上，针对不同情景设定了不同时间节点新车中新能源车的占比、纯电动车占新能源车比例等参数。如图52所示，对于现有政策情景，新能源车在新车销量中逐步升高，2060年新车销量中90%为新能源车，氢燃料电池车占乘用车销量的10%，传统燃料车辆比例随新能源车占比提升而逐步降低，其中常规混合动力车于2035年左右在传统燃料车销量占比100%；中度减排情景下，预计在2050年左右新车销量中90%为新能源车，氢燃料电池车占乘用车销量的10%，传统燃料车比例随新能源车占比提升而逐步降低，其中常规混合动力车辆同样于2035年左右在传统燃料车销量占比100%；在强化减排情景下，传统燃料车于2035年左右在销量中占比为0%，2035年以后新车销量中仅有新能源车与氢燃料电池车，于2050年左右氢燃料电池车占比约为10%。

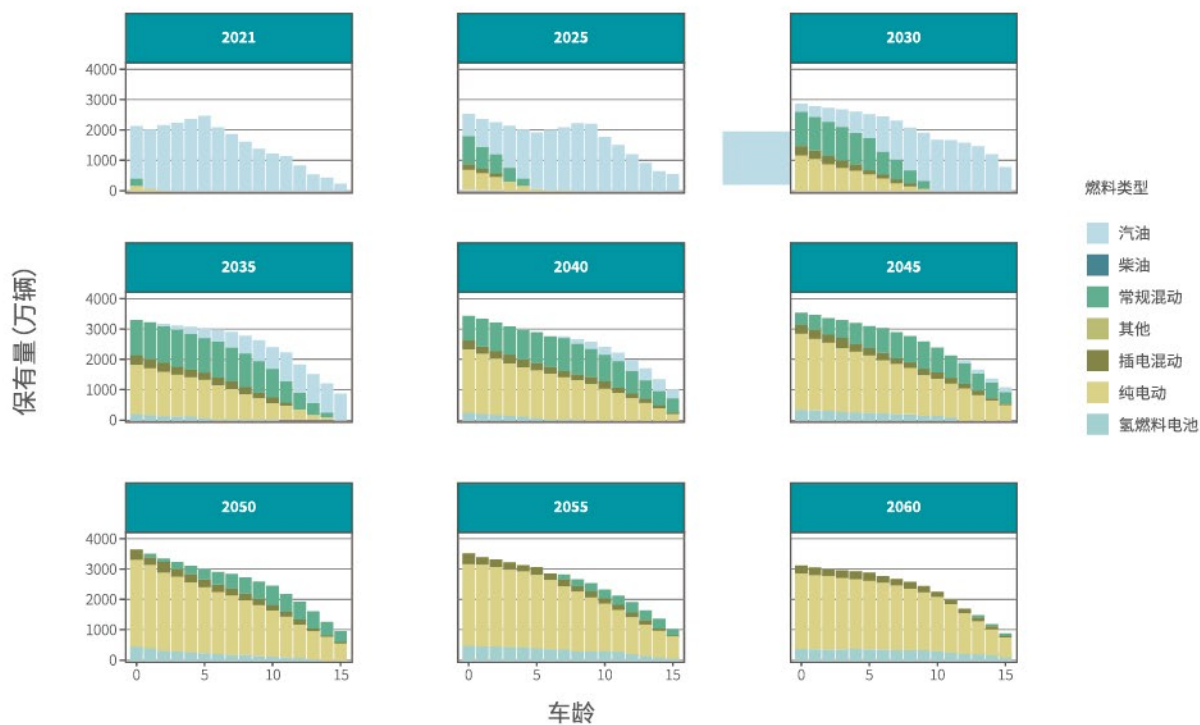
现有政策情景



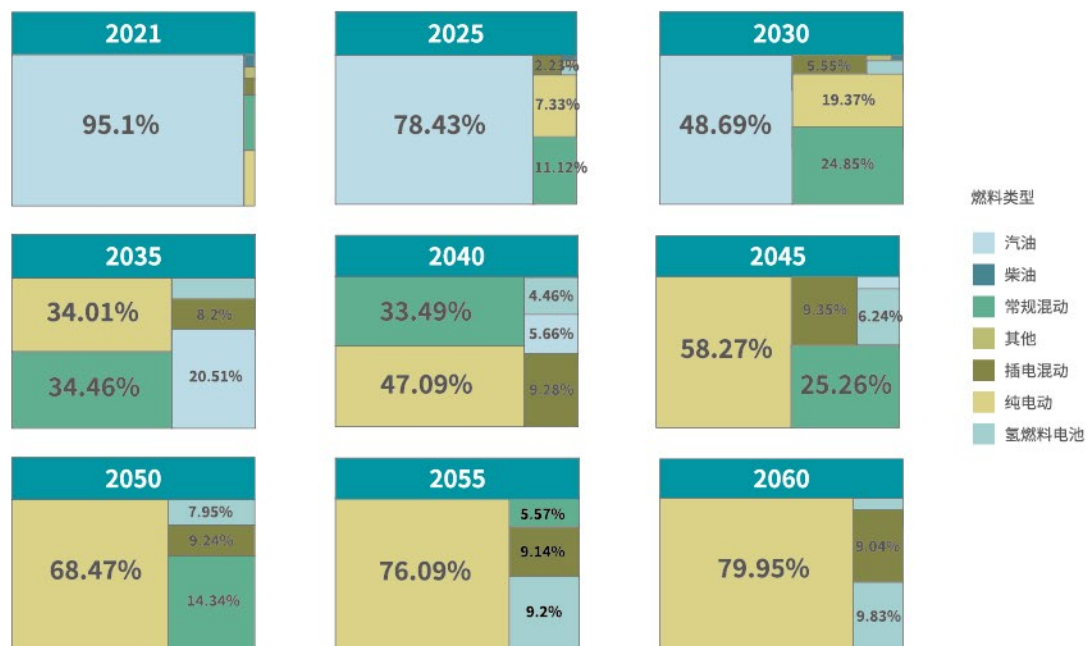
现有政策情景



中度减排情景



中度减排情景



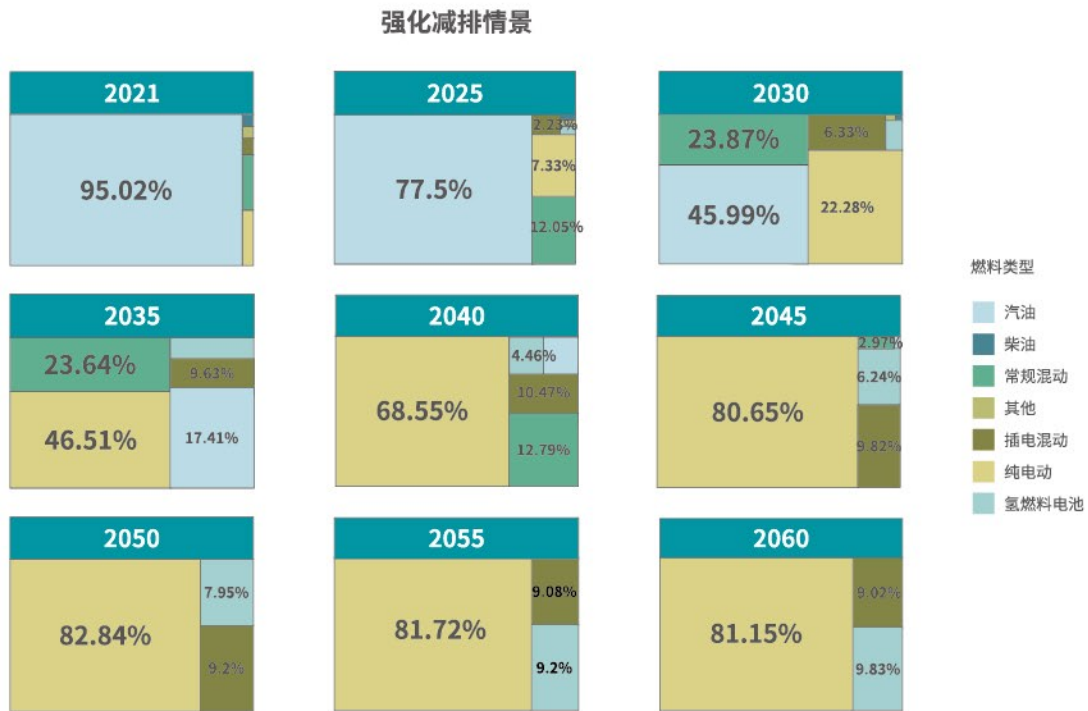
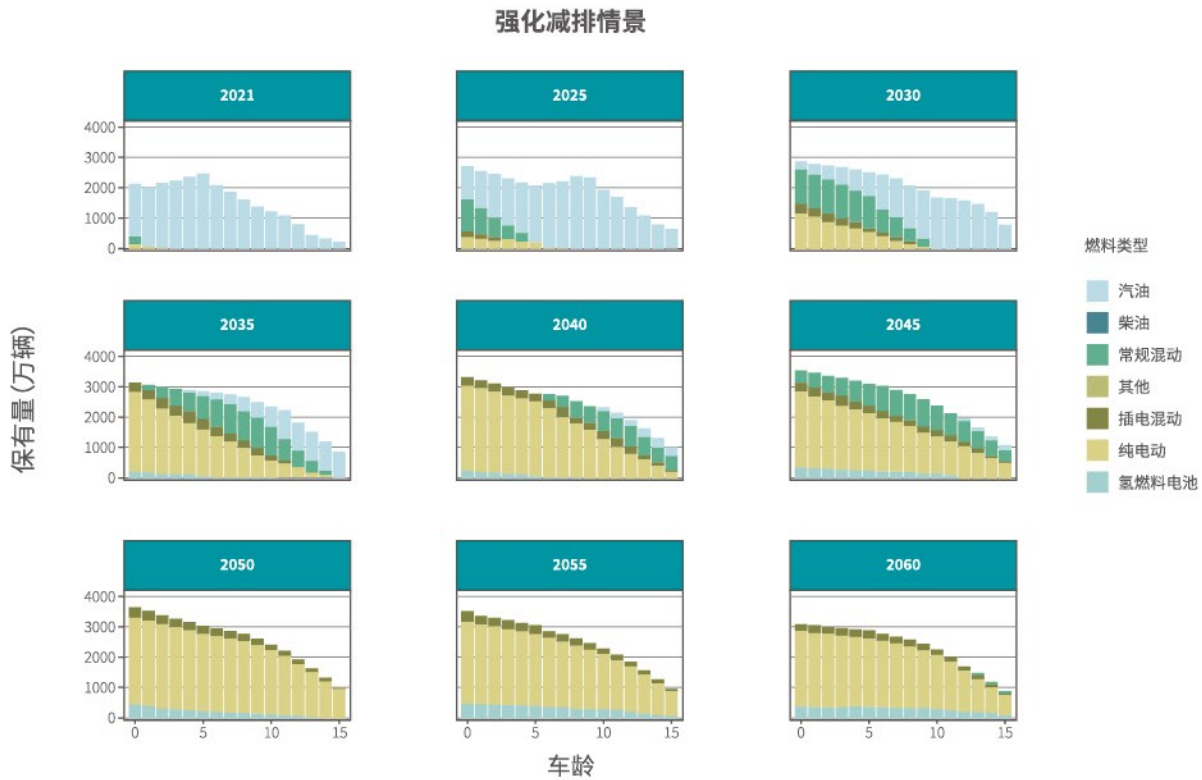


图 53 三种情景下未来各年车队保有量结构变化

在确定了不同情景下各类燃料类型车辆的销量占比后,通过车队模型可以计算得到三种情景下未来各个年份的乘用车车队保有量结构。如图53所示为三种情景下2021、2025、2030、2035、2040、2045、2050、2055、2060年各年的乘用车车队保有量结构。在现有政策情景下,大约在2050年左右传统燃料车中的汽柴油车被完全淘汰,但是直到2060年,车队保有量中仍有一部分的常规混合动力车,此外2060年纯电动车在保有量中约占73%;在中度减排情景中,传统燃料车中的汽柴油车在2045年左右基本被完全淘汰,2060年左右常规混合动力车也基本被完全淘汰,2060年纯电动车在保有量中约占80%;在强化减排情景下,在2050年左右,乘用车车队中的包括常规混合动力车在内的传统燃料车基本被完全淘汰,2060年纯电动车约占81%。三种情景下氢燃料电池车在2060年的占比均为9.8%左右。

5.2.2.3 材料效率

对于未来车用材料效率提升主要体现在材料用能结构的改变以及循环材料使用比例的变化,此外电网清洁化的影响也同步纳入评估,三者共同影响材料的排放因子。本研究中该参数主要关注在车辆生产中占比较高的钢铁、铝合金、铜以及塑料四种材料。有关材料用能结构以及循环材料使用占比随时间的变化主要由世界钢铁协会、北京工业大学等机构提供。

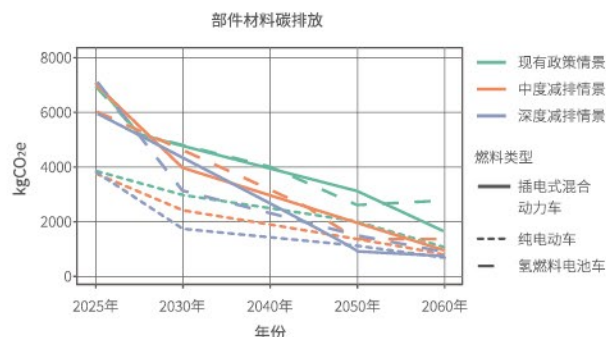
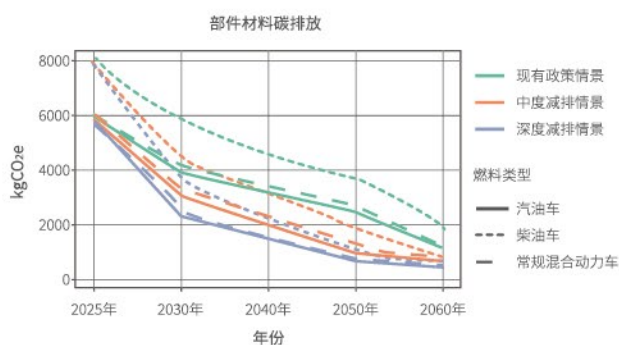


图 54 三种情景下车辆周期部件材料碳排放受材料效率提升影响随时间的变化

在考虑了重点材料效率提升因素的条件,根据单车模型计算得到不同情景下,不同年度不同燃料类型单车部件材料的碳排放,如图54所示。

5.2.2.4 车辆生产能效

车辆生产能效主要考虑由于能效提升带来的整车制造阶段碳排放的降低。以2020年的整车生产碳排放为基准值,考虑电网清洁化的影响,针对三种情景设定整车生产阶段碳排放下降比例。具体参数见图55。

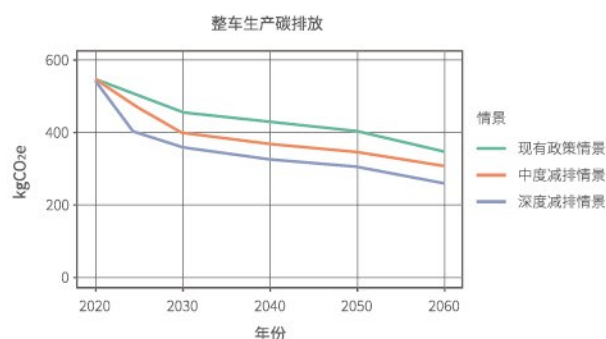


图 55 三种情景下整车生产碳排放随时间的变化

5.2.2.5 动力蓄电池碳排放

动力蓄电池碳排放主要考虑由于电池的生产能耗降低而产生的减排效应。主要适用于常规混合动力车、纯电动汽车、插电式混合动力汽车以及氢燃料电池车。三种情景下生产动力蓄电池产生的碳排放随时间的变化见图56。

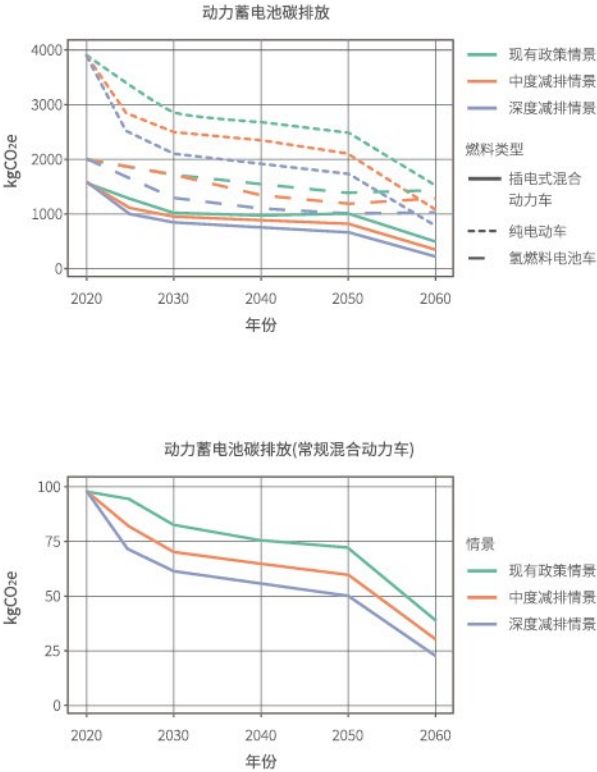
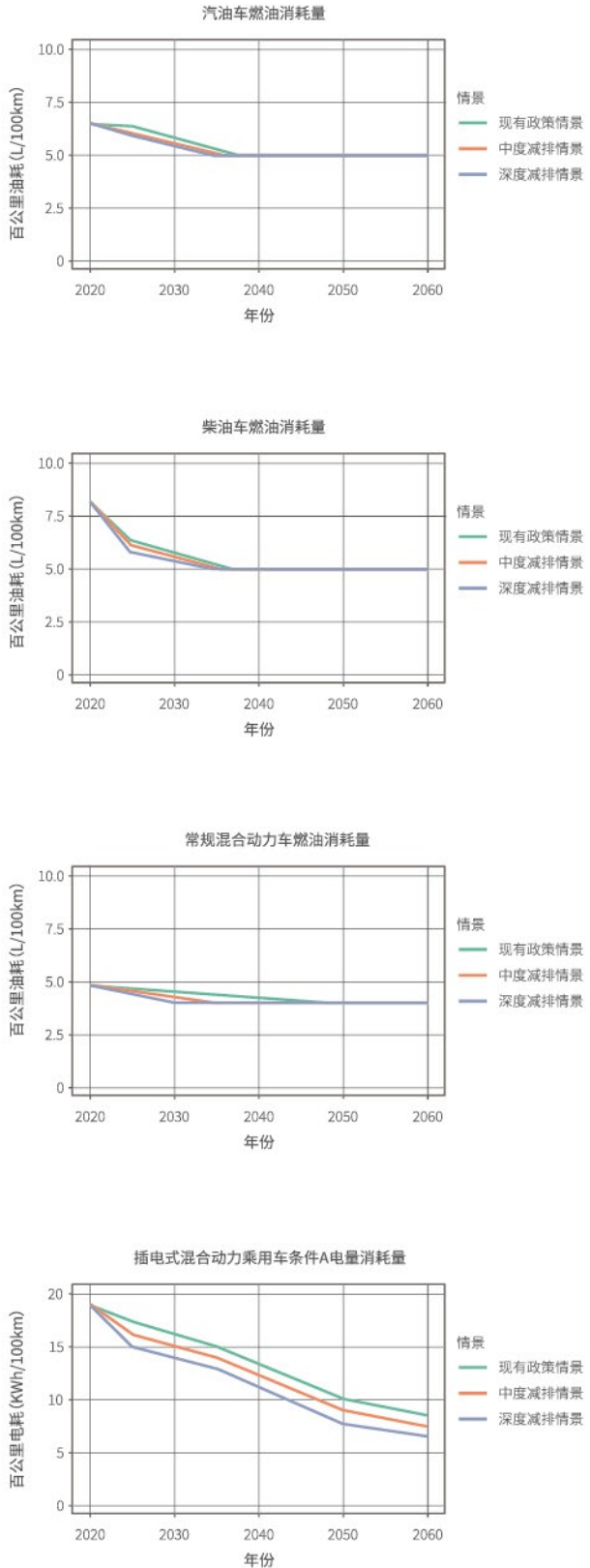


图 56 三种情景下动力蓄电池碳排放随时间的变化

5.2.2.6 车辆使用能效

车辆使用能效主要考虑由于车辆燃料消耗量的降低而带来的减排效应。不同燃料类型车辆的燃料消耗量以2020年的数据为基准,根据销量加权平均计算得到不同燃料类型车辆行业平均燃料消耗量,针对不同情景设定不同燃料类型车辆燃料消耗量的变化。具体参数见图57。



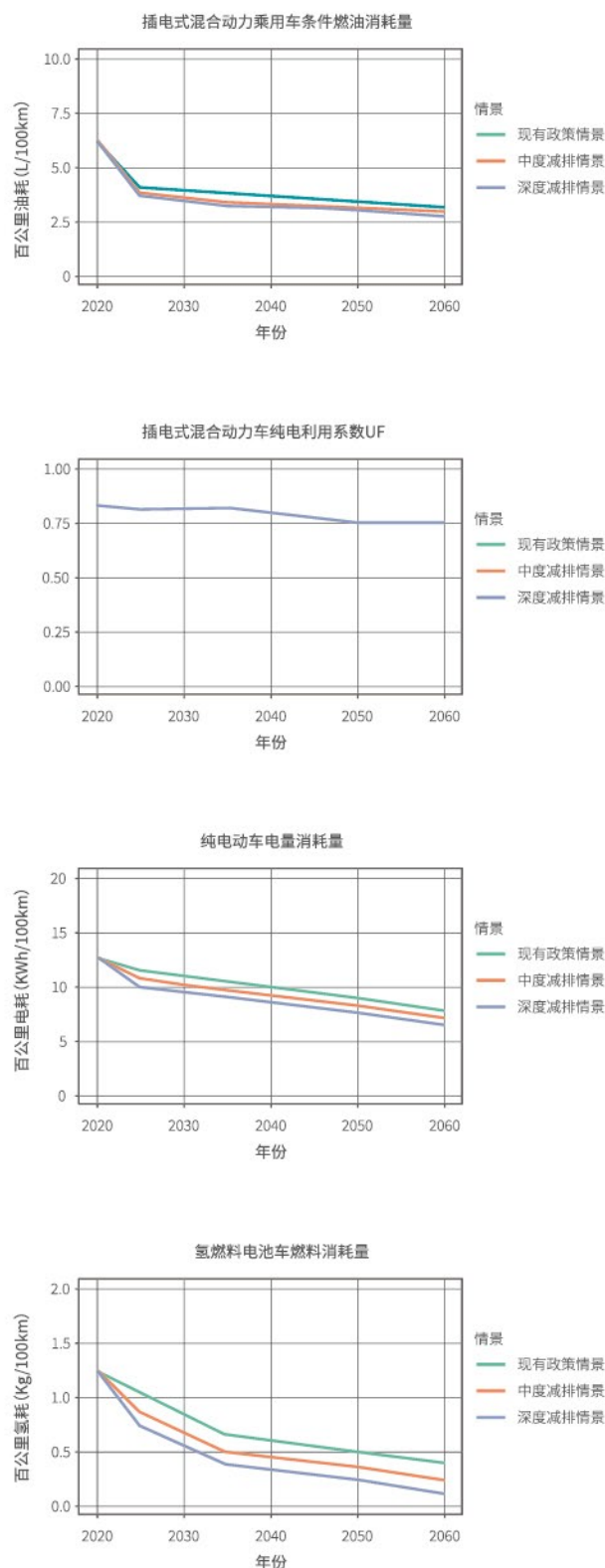
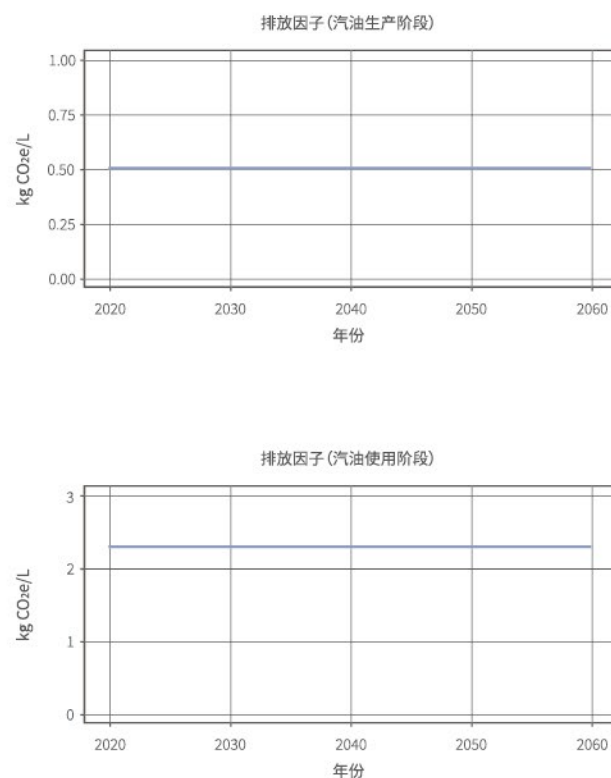


图 57 三种情景下不同燃料类型汽车燃料消耗量随时间的变化

5.2.2.7 替代燃料

本研究中替代燃料主要考虑电和氢燃料两种替代燃料。有关电的排放因子与电网清洁化中设置的参数保持一致。氢燃料生产阶段的排放因子主要根据不同制氢工艺制氢量的加权平均值计算得到。本研究中考虑的制氢方式主要有6种,分别为蒸汽甲烷重组制氢、煤气化制氢、氯碱制氢、焦炉气制氢、生物质制氢以及可再生发电-电解水制氢,电力影响考虑在内。相关碳排放因子由阿美亚洲提供。具体参数见图58,对于汽油和柴油,在三种情景中均假设其生产以及使用阶段排放因子在未来保持不变,电力排放因子参考图51。



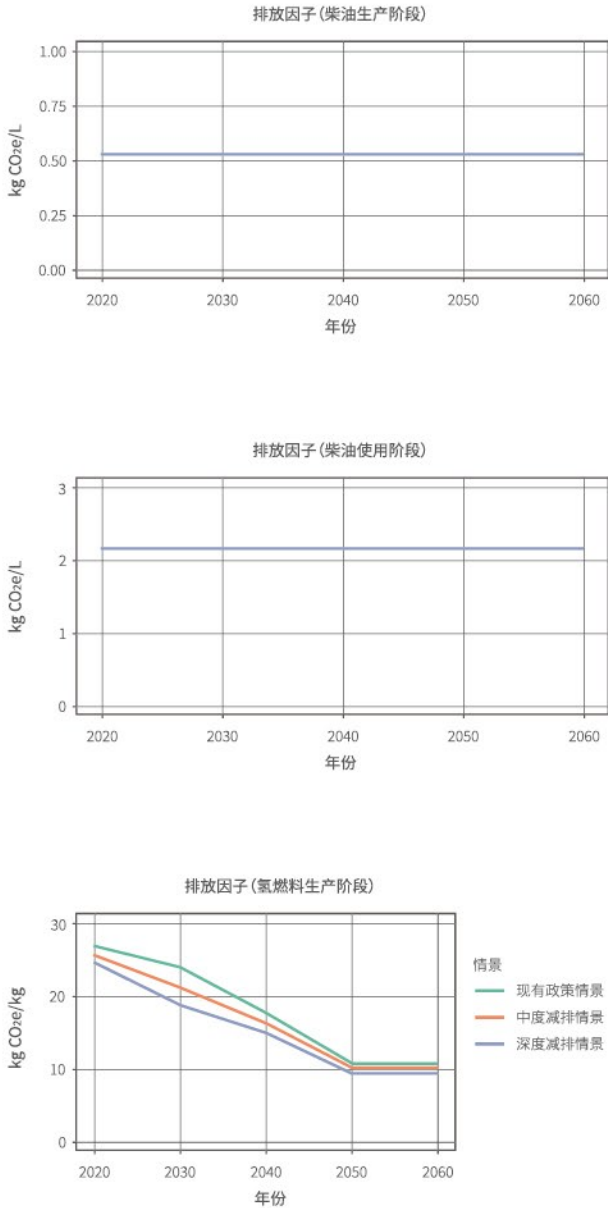


图 58 三种情景下不同燃料排放因子随时间的变化

5.2.2.8 消费模式

本研究中消费模式主要考虑车辆使用强度的改变,即车辆年行驶里程的变化。本章中区分了传统燃料车与新能源车的年行驶里程的差异性,其中2020年传统燃料车辆年行驶里程数据来自世界资源研究所,新能源车辆的年行驶里程数据来自新能源汽

车国家大数据联盟。在现有政策情景中,假定传统燃料车辆与新能源车辆的年行驶里程保持不变。在强化减排情景和深化减排情景中,车辆年行驶里程随时间的增长有下降的趋势,且传统燃料车辆与新能源车辆的年行驶里程逐渐趋同。具体参数设置见图59,其中新能源汽车在现有政策情景和深度减排情景中的年行驶里程保持一致。

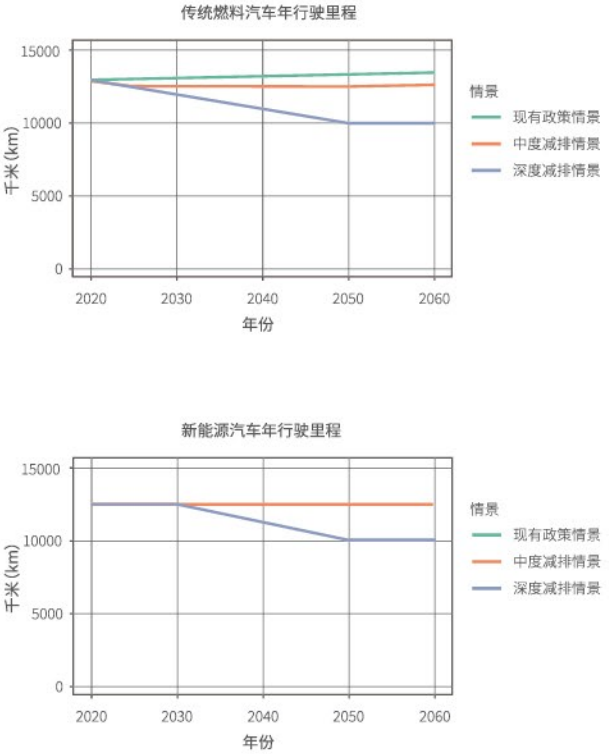


图 59 三种情景下乘用车单车年行驶里程随时间的变化

5.3 不同情景下乘用车单车生命周期碳排放强度

在现有政策情景、中度减排情景和强化减排情景这三种减排情景下,汽油车、柴油车、常规混合动力车、插电式混合动力车和纯电动车五种燃料类型车2025年、2030年、2050年、2060年的单位行驶里程碳排放数值预测如图60所示。三种减排情景下,五种燃料乘用车均显示出明显的减排效果,由于内燃机的特性,汽油车、柴油车和常规混合动力车的减排效果在2050年后降幅很小。

以2020年和2060年的单位行驶里程碳排放为例，减排效果按照纯电动车、插电式混合动力车、汽油车、柴油车、常规混合动力车的顺序依次降低。其中，纯电动车减排效果最为明显，现有政策情景、中度减排情景和强化减排情景下单位行驶里程碳排放分别降低82.5%、87.6%和90.0%；常规混合动力车减排效果最小，现有政策情景、中度减排情景和强化减排情景下单位行驶里程碳排放分别降低31.5%、33.6%和34.2%。同一情景下，汽油车减排效果分别降低34.3%、35.9%和36.3%。

三种情景下，五种燃料乘用车车辆周期减排效果如图61所示。以2020年和2060年的车辆周期碳排放为例，现有政策情景下，减排效果按照柴油车、常规混合动力车、纯电动车、汽油车、插电式混合动力车的顺序依次降低，减排比例分别为68.0%、67.5%、67.4%、67.4%和67.2%。中度减排情景下，减排效果按照纯电动车、柴油

车、常规混合动力车、插电式混合动力车、汽油车的顺序依次降低，减排比例分别为75.6%、74.4%、74.2%、74.2%和74.1%。强化减排情景下，减排效果按照纯电动车、插电式混合动力车、柴油车、常规混合动力车、汽油车的顺序依次降低，减排比例分别为80.3%、76.7%、76.2%、75.9%和75.8%。

三种情景下，五种燃料乘用车燃料周期减排效果如图62所示。以2020年和2060年的燃料周期碳排放为例，减排效果按照纯电动车、插电式混合动力车、柴油车、汽油车、常规混合动力车的顺序依次降低，现有政策情景下减排比例分别为95.5%、82.0%、38.5%、23.9%和14.8%。中度减排情景下，减排比例分别为97.8%、84.3%、38.5%、23.9%和14.8%。强化减排情景下，减排比例分别为98.3%、86.2%、38.5%、23.9%和14.8%。

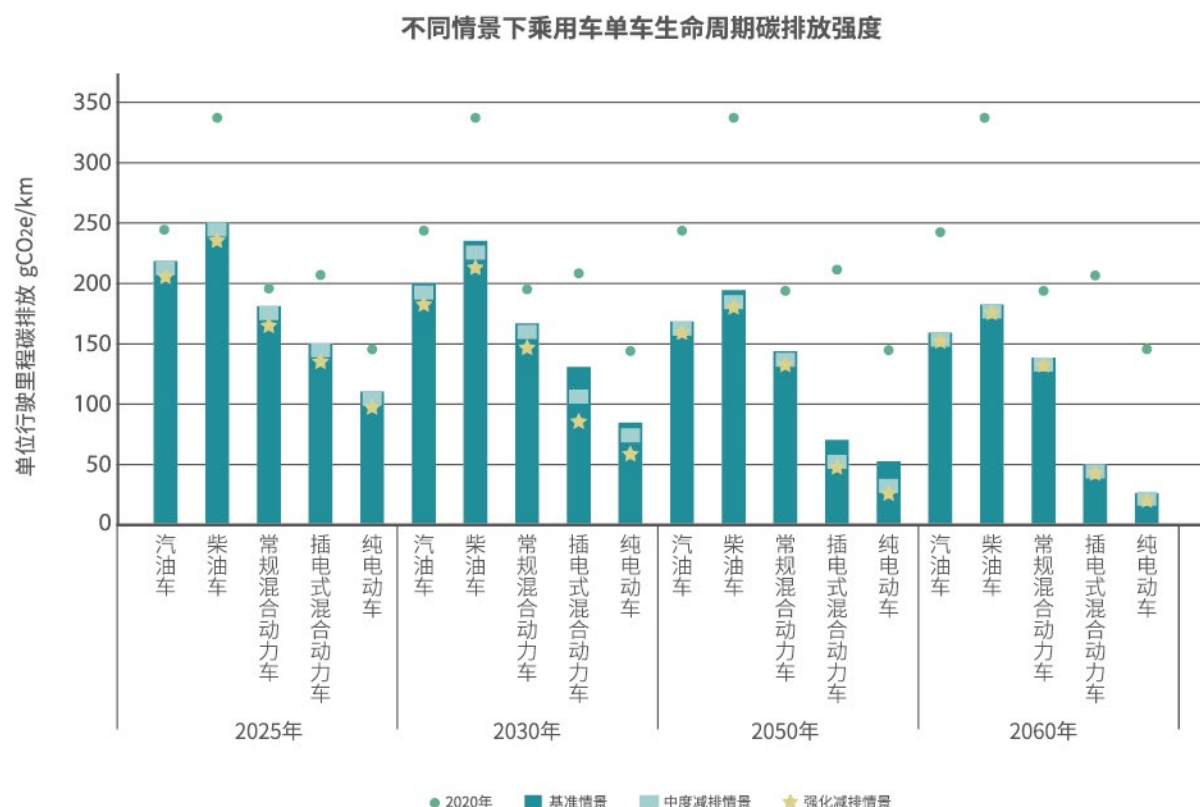


图 60 三种情景下乘用车单车的单位行驶里程碳排放

不同情景下乘用车单车车辆周期碳排放强度

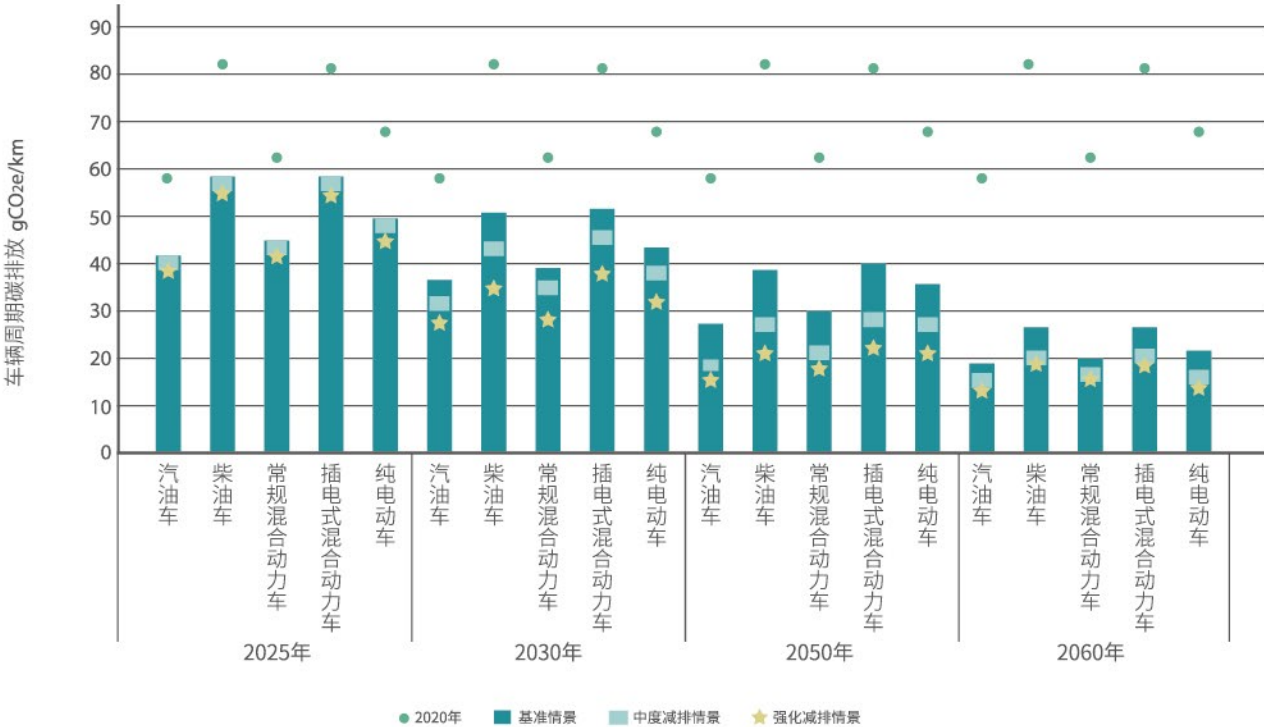


图 61 三种情景下乘用车单车的车辆周期碳排放

不同情景下乘用车单车燃料周期碳排放强度

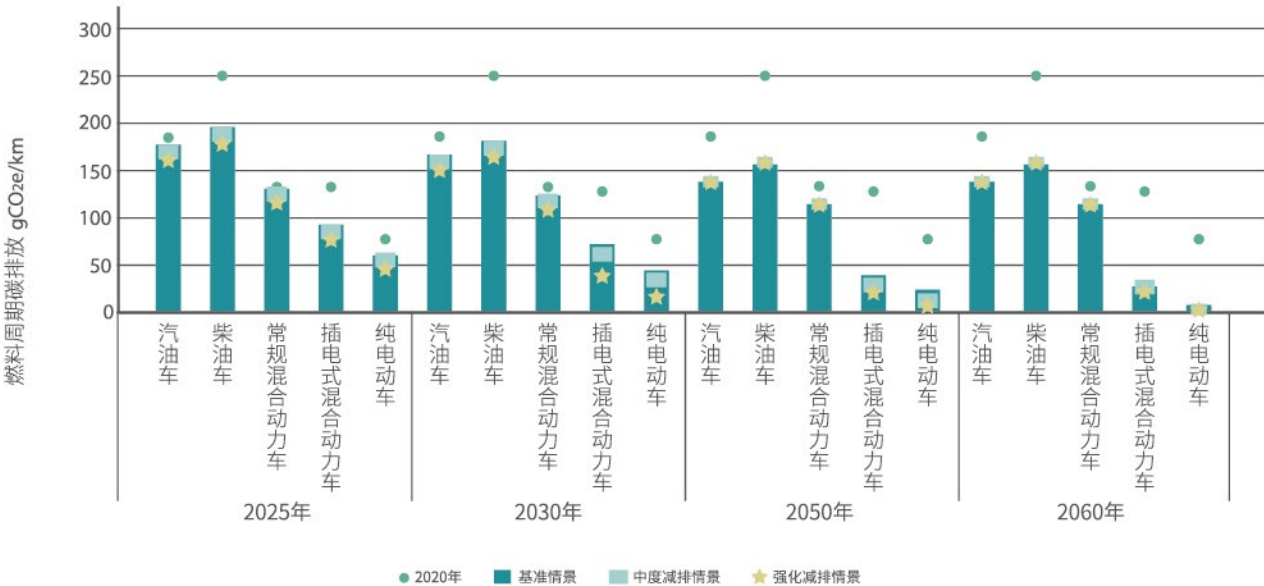


图 62 三种情景下乘用车单车的燃料周期碳排放

现有政策情景下纯电动车生命周期碳减排潜力分析如图63-66所示。对纯电动车减排贡献最大因素为电网清洁化,在不同情景中贡献在10%-50%之间;材料效率对纯电动车的碳减排也很重要,可降低纯电动车4%-13%的碳排放;随着时间的发展,动力蓄电池碳排放的对纯电动车碳减排的作用也越加明显,由4%增加到7%;使用能效与电网清洁化两者共同作用于纯电动车燃料周期的碳减排,且随着电网清洁化的程度加大,使用能效的减排效果趋于降低。在不同减排措施中,生产能效的作用最不明显,主要由于其在纯电动车生命周期碳排放的比重较低。

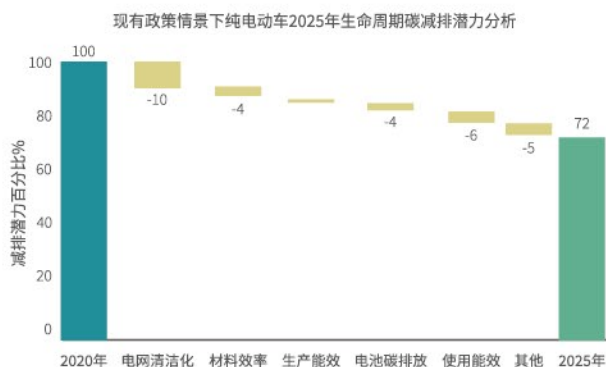


图 63 现有政策情景下纯电动乘用车2025年生命周期碳减排潜力

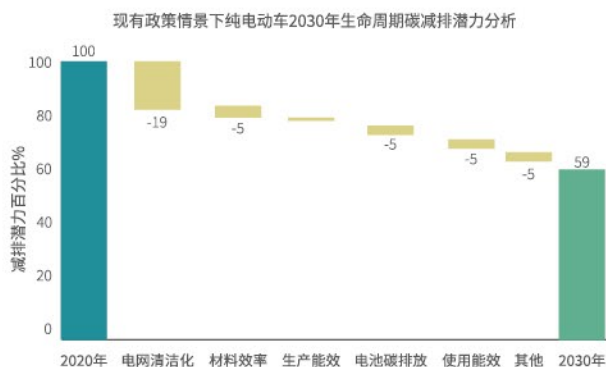


图 64 现有政策情景下纯电动乘用车2030年生命周期碳减排潜力

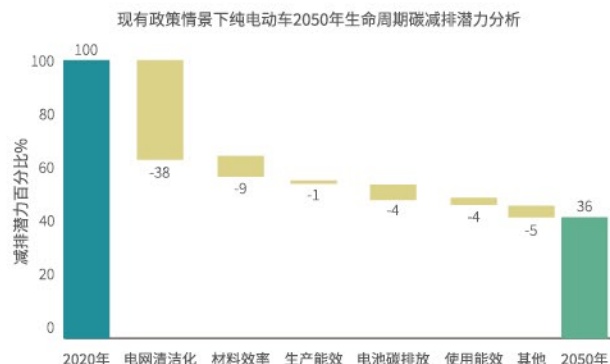


图 65 现有政策情景下纯电动乘用车2050年生命周期碳减排潜力

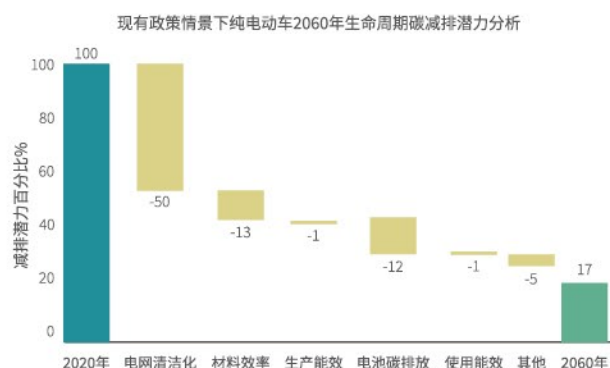


图 66 现有政策情景下纯电动乘用车2060年生命周期碳减排潜力

5.4 不同情景下乘用车车队生命周期碳排放总量

在确定了三种情景下不同减排参数的设定之后,即可通过车队模型计算对应情景下车队的生命周期碳排放。

5.4.1 不同情景下乘用车车队燃料周期碳排放总量

根据车队保有量结构、单车年行驶里程,可以计算得到车队年行驶里程。

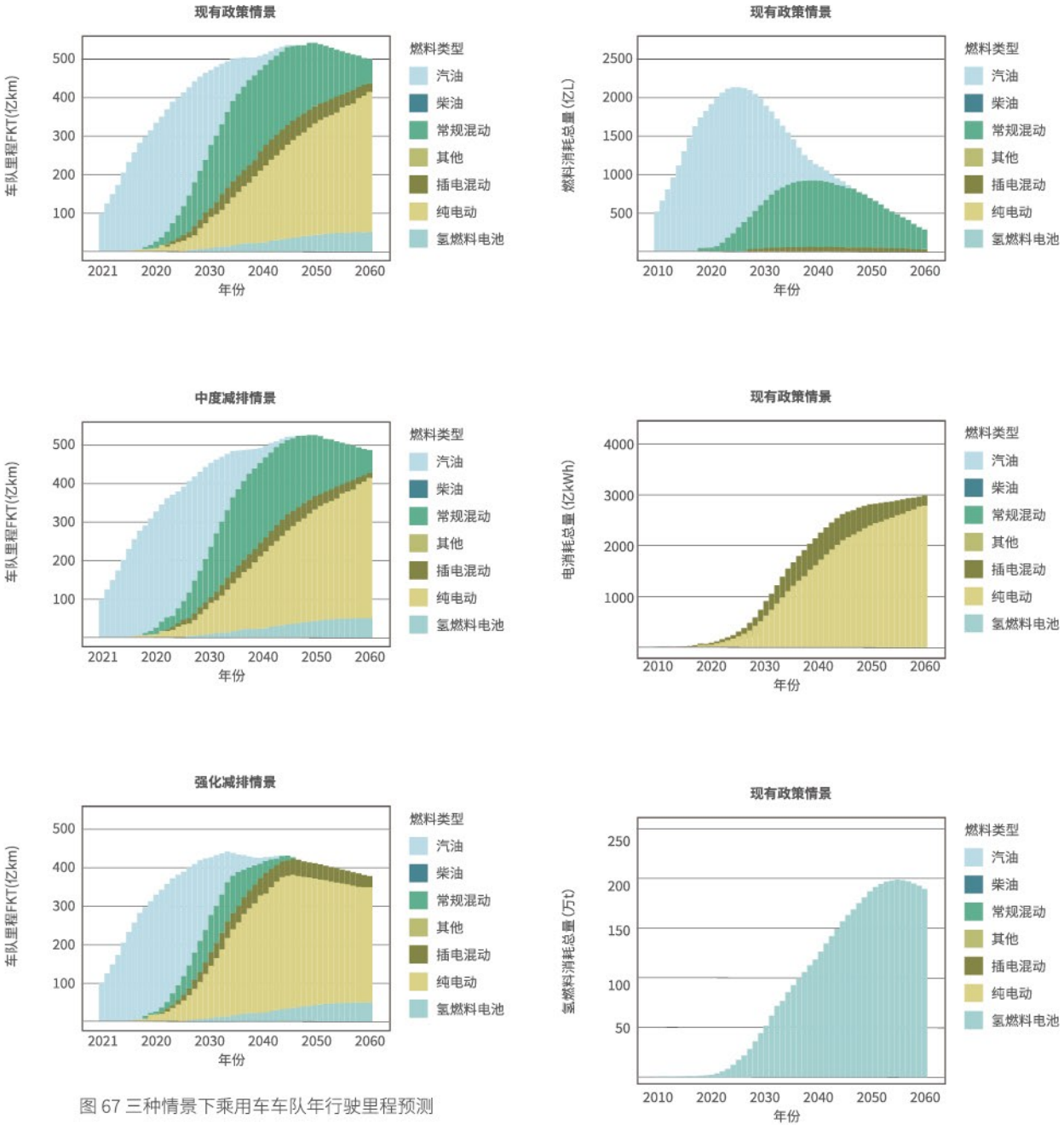


图 67 三种情景下乘用车车队年行驶里程预测

如图67所示,分别为现有政策情景、中度减排情景、强化减排情景下乘用车车队年行驶里程的变化。如图可见,对于现有政策情景和中度减排情景,车队年行驶里程的变化趋势与车队保有量的增长趋势基本保持一致,对于强化减排情景,由于车辆年行驶里程每年下降幅度较大,车队年行驶里程于2035年左右达到最大值。

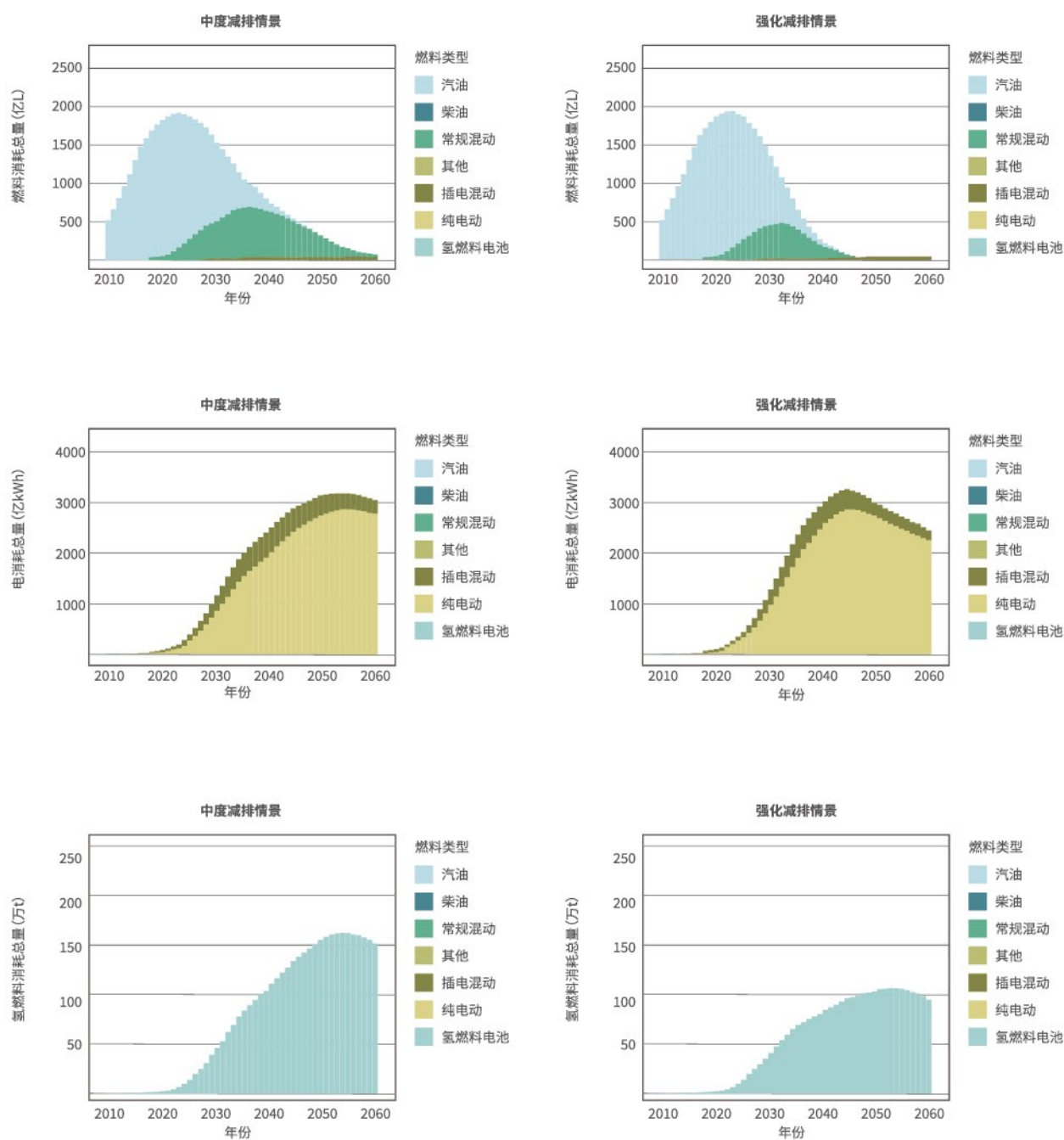


图 68 三种情景下乘用车车队的燃料消耗量、电消耗量以及氢燃料消耗量

在获得不同情景下车辆年行驶里程之后,结合车辆使用能效中的参数设定,可以计算得到不同情景下乘用车车队燃料消耗量、电消耗量以及氢燃料消耗量,其中燃料包含汽油和柴油。如图68所示,在现有政策情景下,燃料消耗量预计在2030年前达到峰值,随后逐年降低,在2060年仍有一定的燃料消耗,电消耗量则一直保持增长趋势,这主要是因为保有量中新能源车辆比例仍保持上升趋势造成的,氢燃料消耗量也随着氢燃料电池车保有量的增长而升高;在中度减排情景下,燃料消耗量的变化趋势与现有政策情景一致,但在燃料消耗量达峰之后的下降速度更快,在2060年左右燃料消耗量已趋近于零,电能消耗量呈现出先增长后降低的趋势,于2054年左右电能消耗量达到峰值,随后逐渐降低,这一趋势主要是由于车辆使用能效提升、新能源车源车辆占保有量比例接近饱和且保有量开始下降、车辆年行驶里程下降等因素综合导致的,氢燃料消耗量的变化趋势也与现有政策情景基本一致,但由于车辆燃料消耗量的降低,氢燃料消耗量的峰值降低;在强化减排情景下,随着传统燃料车辆在2035年开始禁售,保有量中的传统燃料车逐步淘汰,车队燃料消耗量在2050年左右基本趋近于零,电能消耗量达峰时间提前,预计在2045年左右达到峰值,随后开始降低,氢燃料的消耗量大幅降低。

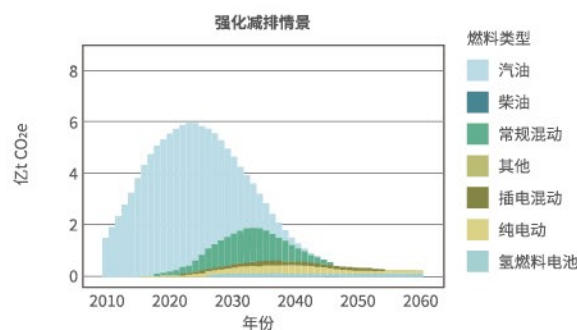
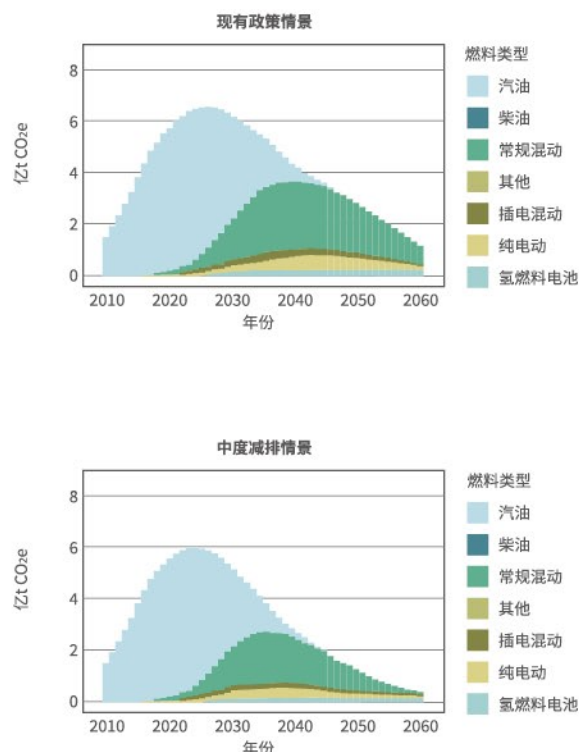


图 69 三种情景下乘用车车队燃料周期碳排放

在计算得到乘用车车队燃料消耗量后,结合燃料周期排放因子的设定值,可以计算得到车队燃料周期产生的碳排放总量。如图69所示,在现有政策情景下,车队燃料周期碳排放总量预计在2028年左右达到峰值,约为6.3亿tCO₂e,随后随着新能源车辆占比的提升、电力排放因子的降低等因素,车队碳排放总量逐年降低,但直到2060年车队燃料周期仍然存在1.1亿tCO₂e左右的碳排放,大部分为能耗生产与使用产生,小部分为电力生产造成。在中度减排情景下,乘用车车队燃料周期碳排放达峰时间有所提前,预计于2026年左右实现达峰,峰值总排放约为5.8亿tCO₂e,相比于现有政策情景,由于车队电动化比例较高、车辆能耗较低、电力排放因子降至较低水平等因素,该情景下车队燃料周期2060年的碳排放已降至0.4亿tCO₂e水平以下;在强化减排情景下,车队燃料周期碳排放达峰时间同样有所提前,预计于2025年左右达峰,达峰时碳排放总量约为5.7亿tCO₂e,随着乘用车车队电动化的迅速推广、电网碳排放因子降低等因素,乘用车车队燃料周期碳排放达峰后降幅较大,于2050年碳排放总量已低于0.3亿tCO₂e。

5.4.2 不同情景下乘用车车队车辆周期碳排放总量

乘用车车队车辆周期的碳排放主要由每年新售车辆原材料获取以及车辆生产造成，根据三种情景中设定的车辆制造相关的碳排放参数，结合未来每年销量以及不同燃料类型占比的预测，可以计算得到未来各年车辆周期的碳排放总量。对于2020年之前的车队车辆周期排放，采用2020年的参数计算。

如图70所示为三种情景下各年乘用车车队车辆周期碳排放总量。由于车辆周期只需考虑当年销售车辆，其排放总量受当年乘用车销量的影响较大，且车辆周期碳排放随时间始终呈下降趋势，所以三种情景下车队车辆周期碳排放峰值出现于2016年。在现有政策情景下，车辆制造阶段碳排放下降的程度有限，在2020年之后于2043年还会出现一个小幅的碳排放峰值，约为1.9亿tCO₂e；对于其他两种情景，车队车辆周期的碳排放均随时间呈现下降趋势。

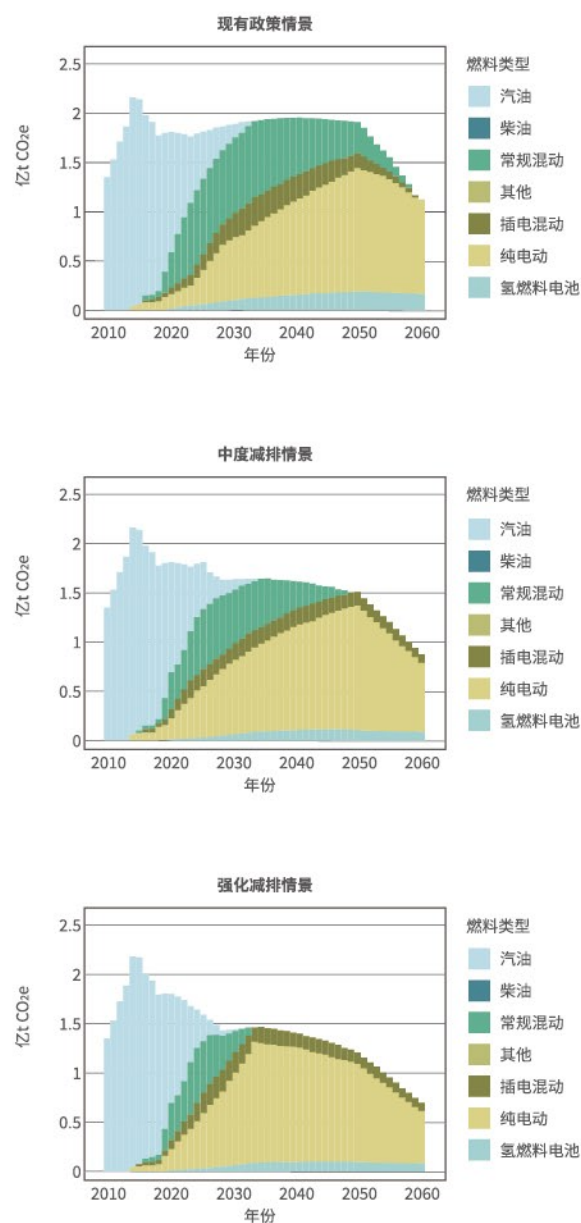
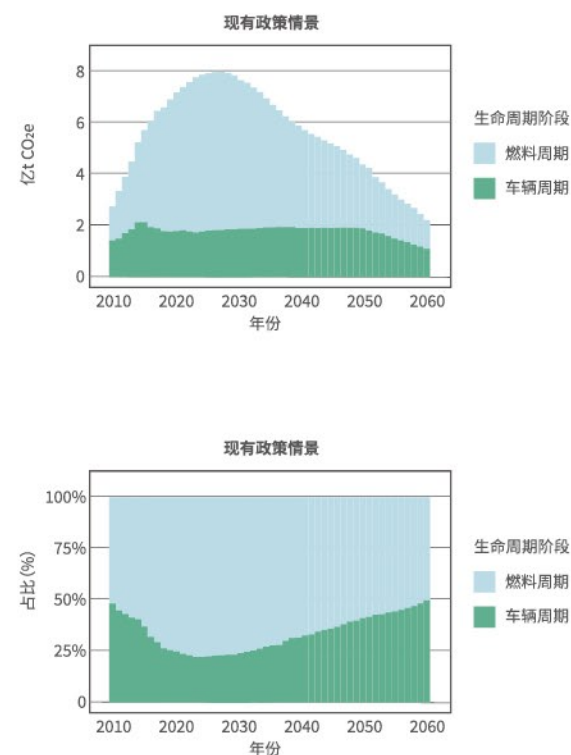


图 70 三种情景下乘用车车队车辆周期碳排放

5.4.3 不同情景下乘用车车队生命周期碳排放总量



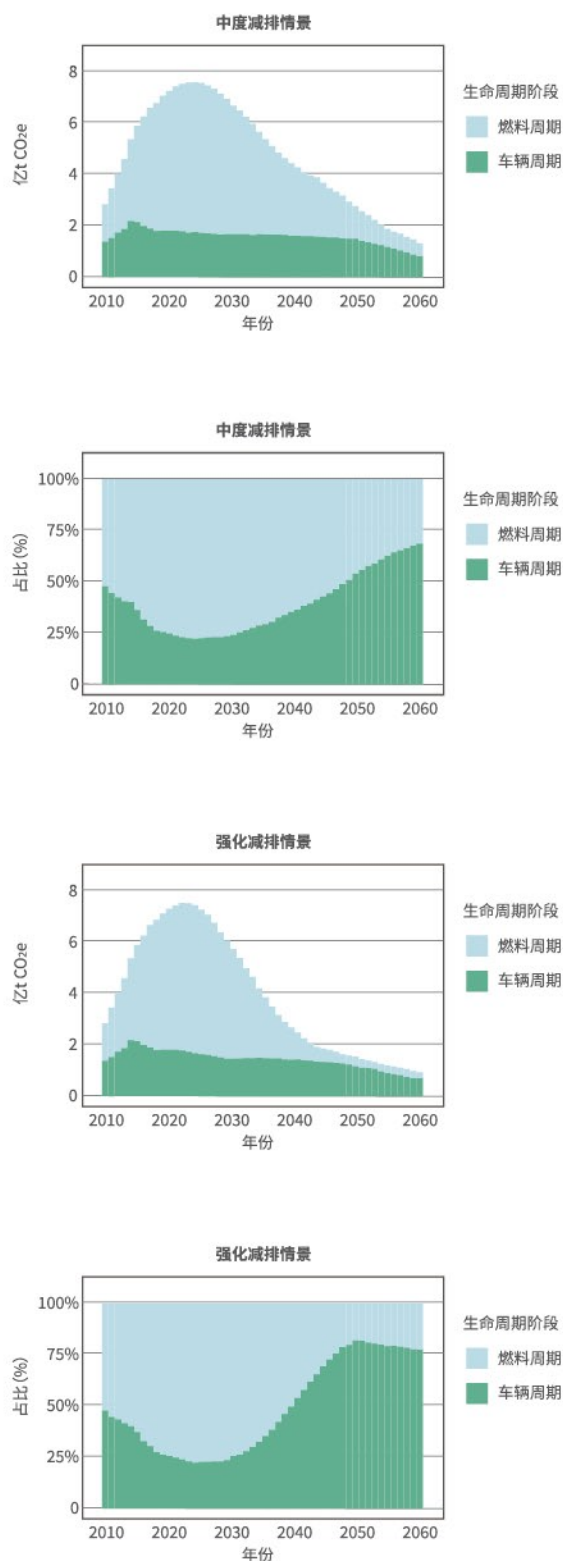


图 71 三种情景下乘用车车队生命周期碳排放总量

将三种情景下乘用车车队车辆周期以及燃料周期的碳排放求和即可得到乘用车车队生命周期碳排放总量,如图71所示。在三种情景中,车队燃料周期的碳排放占比在2025年之前均呈现出增长趋势,主要原因是车队保有量中燃油车的增加,以及车辆生产能效的不断提升,三种情景下车队生命周期碳排放的达峰时间也主要由车队燃料周期碳排放的达峰时间决定。在2030年以后,随着新能源汽车在新车销量以及保有量中的占比不断提升。在三种情景下,车队生命周期碳排放中车辆周期的比例均在不断升高。在现有政策情景下,2060年乘用车车队车辆周期碳排放占车队生命周期碳排放比例将达到50%以上,在中度减排情景以及强化减排情景中,由于采用了更加激进的车辆电动化策略,乘用车车队车辆周期碳排放占车队生命周期碳排放比例达50%以上的时间更加提前。造成这一现象的主要原因是,随着车辆电动化的推进,车辆燃料周期的碳排放朝着电力生产端转移,而电力生产端产生的碳排放也逐渐随着可再生能源发电比例的提升而不断降低,此外,由于乘用车车队的车辆周期碳排放下降程度有限,车队车辆周期碳排放在其生命周期碳排放中的占比不断提升。总体来看,在达峰之后车队生命周期碳排放总量随时间呈下降趋势。

根据以上结果可见,即便在最激进的强化减排情景中,虽然车队燃料周期碳排放能够降至较低水平,但是车队车辆周期的碳排放还是很难在当前的减排措施选项组合中达到趋于碳中和的效果,除非引入碳汇或利用负碳技术移除这部分碳排放。因此,针对未来汽车行业的低碳化发展,汽车行业碳中和的关注点需要从燃料周期过渡到车辆周期,而且仅依靠车辆电动化及使用能效的提升不足以使汽车行业实现碳中和,需要探寻汽车全生命周期的碳减排措施及负碳技术。下一步,我国应进一步加强汽车产业链碳中和解决方案的上下游联动与系统集成,通过汽车行业全生命周期的碳中和倒逼和牵引整个产业链的碳中和,由汽车行业全生命周期的碳中和引领全行业向净零排放迈进。

5.4.4 E-fuels乘用车对于车队的生命周期碳减排潜力

Electro-fuels (E-fuels), 通常也被称为“CO₂-based合成燃料”、“液态阳光”或“动力燃料”(Power-to-fuels)。作为一种能有效实现交通领域碳减排的技术方案, 它已在全世界引起了巨大的兴趣[11-12]。此类替代燃料由碳和氢的化学合成生产, 其中二氧化碳可以从环境(直接空气捕获, 即DAC)或集中来源(例如工业废气)中捕获, 而氢气则通过可再生能源电解水制取(绿氢)[13]。二氧化碳的回收再利用以及低碳氢的使用是合成E-fuels的重要因素。这使它有别于其他类型的合成燃料, 例如煤制油(CtL)或气制油(GtL)等技术路线。

E-fuels合成技术多样化吸引了全球交通领域的目光。E-fuels在内燃机的应用可以极大降低气体污染物排放(NO_x和碳烟)[14]。合成汽油(e-gasoline)和合成柴油(e-diesel)可以方便的混合到常规汽油和柴油燃料中, 混合能力接近100%。E-fuels可以与现有的基础设施和车队完美兼容, 而且它的温室气体排放接近于零。因此, 许多政府机构、汽车制造商和利益相关者都提倡将E-fuels列为温室气体减排目标中的重要技术路线。在欧盟(EU)重新修订的2021-2030年可再生能源指令(RED II)中, E-fuels首次被计入可再生能源目标[15]。汽车制造商, 在推动车辆电动化和能效提升的同时, 也在致力于生产和开发E-fuels技术。例如在过去几年里, 奥迪已着手开展一系列E-fuels研究, 包括奥迪合成燃气(e-gas)、合成汽油(e-gasoline)和合成柴油(e-diesel)的综合计划[16]。保时捷、西门子能源和其他合作伙伴正在智利开发一个试点项目, 预计最早将在2022年生产约130,000升E-fuels[17]。同样, 中国也推出了E-fuels战略计划。中国科学院提出了“液态阳光”的战略愿景[18]。大连化学物理研究所已经启动了一项大型示范项目。该示范项目位于兰州新区精细化工园区, 利用太阳能等可再生能源电解水制氢以及二氧化碳加氢来合成甲醇, 每年可生产1000吨甲醇。

5.4.4.1 E-fuels的全生命周期温室气体排放分析

E-fuels的生产包括两个主要过程(图72): 合成气制备以及合成燃料的制备。不同的合成工艺可以生产出不同的合成燃料, 例如气态(甲烷)或液态(甲醇、汽油、柴油和中间馏分油)等合成燃料。本项研究着重于合成汽油和合成柴油制造工艺下的全生命周期温室气体排放。合成汽油的生产首先通过CO₂和H₂的混合物反应生成中间产物甲醇, 然后使用甲醇制汽油工艺(MTG)将其转化为汽油。合成柴油的生产则通过使用逆水煤气变换(RWGS)反应将CO₂转化为CO, 再将具有特定比率H₂与CO的合成气引导至费托(FT)装置产生合成原料, 然后精炼以生产成品。本研究中的油井到车轮的合成汽油和柴油的碳排放因子数据来自沙特阿美。有关E-fuels碳排放因子的更多信息, 请参见2020年CALCA报告[6]。

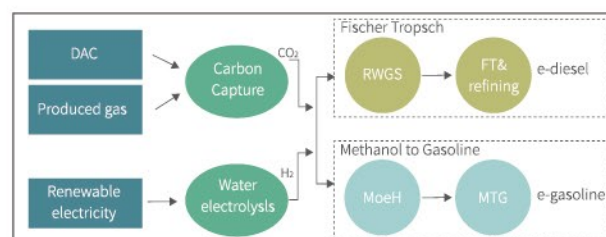


图 72. FT 和 MTG 工艺生产E-fuels的流程框图 (图片由沙特阿美公司提供)

图 73 比较了 2030 年和 2050 年现有政策情景下, 纯电动汽车、合成柴油内燃机汽车和合成汽油混合动力汽车的生命周期温室气体排放量。本研究中每个通用车型(车辆重量已标出)的结果是基于当前中国市场结构的加权平均值。和传统能源相比, E-fuels具有显著的碳减排效益。尽管每个车辆动力总成系统的燃油经济性差异很大, 但燃烧E-fuels导致的温室气体排放会被它生产阶段的CO₂捕获所抵消。到2030年, 与纯电动汽车相比, 使用合成柴油内燃机汽车和使用合成汽油混合动力汽车的温室气体减排潜力可分别达到35%和53%。到2050年, 尽管我国电力系统将力争实现深度脱碳, 电池生产过程中的碳排也有望显著降低, 合成柴油内燃机汽车和合成汽油混合动力汽车, 与纯电动汽车相比, 仍然可以减少18%和40%的温室气体排放。

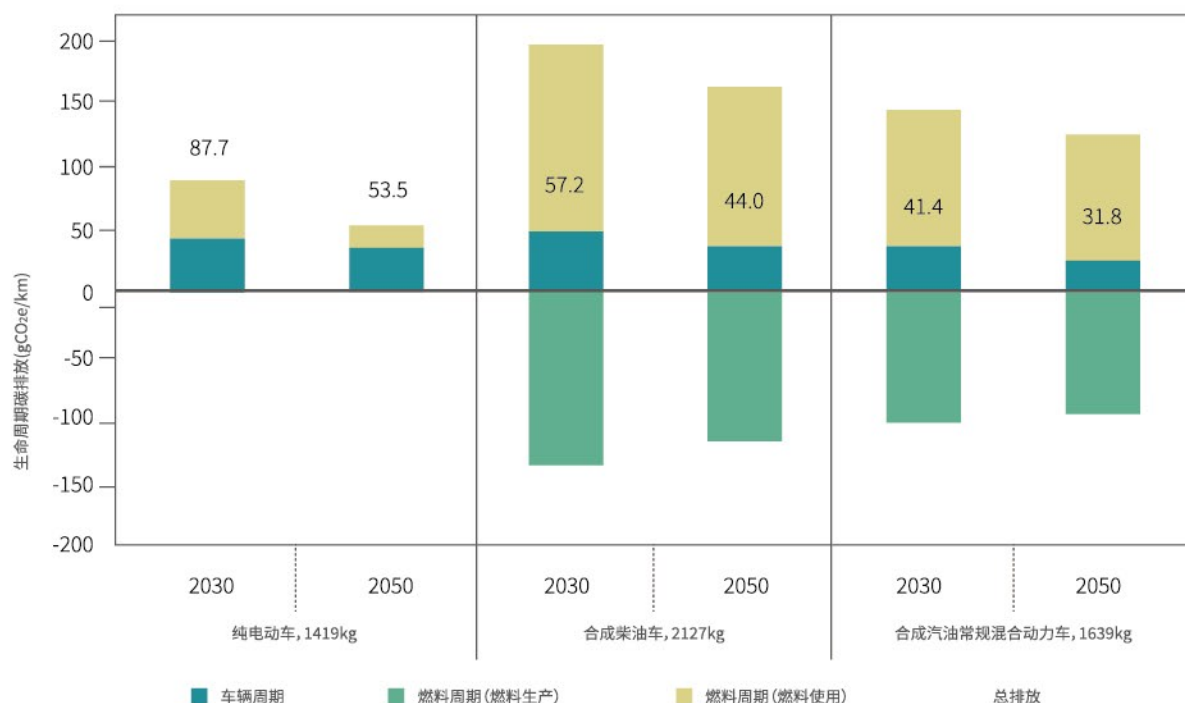


图 73 2030 年和 2050 年纯电动汽车和E-fuels驱动的汽车的全生命周期温室气体排放量 (现有政策情景)
(图片由沙特阿美公司提供)

5.4.4.2 车队的温室气体排放评估

E-fuels的一个关键优势是它们与现有的基础设施、存储、配送和车队完全兼容。由于与化石燃料类似的物理化学性质，E-fuels与内燃机兼容，并具有传统液体能源的所有优点，例如易于使用（在室温下稳定）、加油快，能量密度高，车辆续航里程长等。使用E-fuels避免了缓慢而昂贵的车辆电动化，不需要对现有基础设施的弃用或改造，从能源和温室气体排放的角度来看，E-fuels是一个有效的解决方案。

图 74 显示了在现有政策情景下，合成汽油的应用对中国乘用车车队全生命周期温室气体年排放的影响。假设合成汽油在传统汽油中的混合比例以不同的速度线性增加，从 2020 年的 0% 到

2060 年的 30%、60% 和 90%。由于目前我国车队主要由内燃机汽车组成，合成汽油的应用显著降低了乘用车领域的温室气体排放（图 3(a)）。交通领域的温室气体排放峰值变得更低且更快达峰（图 3(b)）。在现有政策情景下，温室气体排放量将在2029 年达到 8.1 亿吨 (Mt)。随着合成汽油混合比例的增加，温室气体年排放峰值的年份将提前，且峰值降低。例如，假设到 2027 年合成汽油混合比例目标达到5%，年度温室气体排放峰值将减少 35 公吨，并且比基准情景提前 2 年实现。此外，如果到 2025 年实现 11% 的合成汽油的混合，年排放峰值可降低 89 公吨，且可以提前 4 年达到峰值。

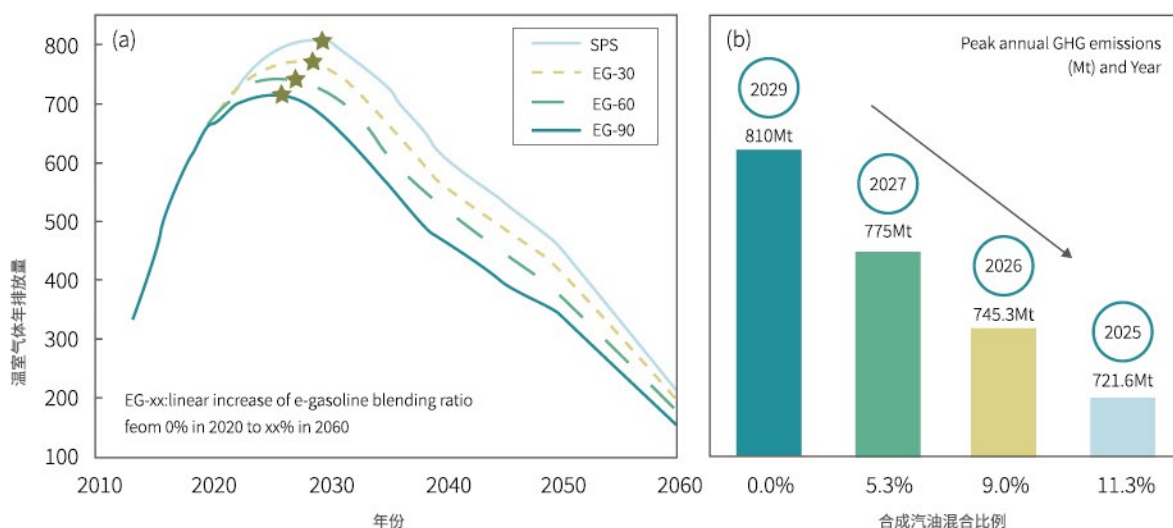


图 74 现有政策情景下合成汽油的应用对中国乘用车车队全生命周期温室气体年排放量的影响：
(a) 到 2060 年全年生命周期温室气体年排放量 (b) 峰值年份温室气体年排放量与合成汽油混合比例
(图片由沙特阿美公司提供)

图 75 显示了不同合成汽油渗透率情景下,为达到各自的温室气体排放峰值,纯电动汽车在车辆保有量中的份额。到 2032 年,在不使用合成汽油的情况下达到 775 公吨的峰值排放量,将需要大约 17% 的纯电动汽车保有量份额。这意味着要进行大量投资以推动纯电动汽车的普及、淘汰车队中的旧车辆并部署大量充电基础设施。另一方面,使用 5% 混合比例的合成汽油,到 2027 年(提前5年)就可以达到同样的温室气体排放峰值水平,而纯电动汽车保有量份额仅为 7%。随着合成汽油普及率的上升,这种差异可能会进一步扩大。这意味着不需要彻底改革交通系统,只通过改变能源就可以实现车队碳减排。

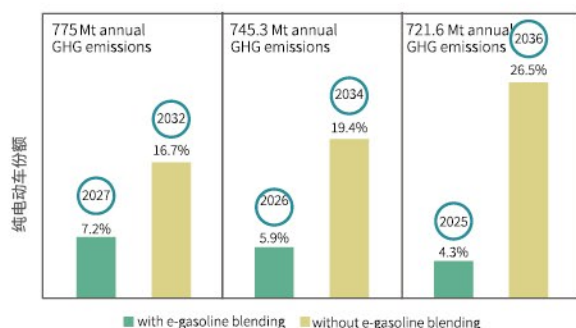


图 75 在不同的合成汽油普及率情况下,有和没有混合合成汽油,纯电动汽车在车辆保有量中的份额和温室气体达峰年份的比较
(图片由沙特阿美公司提供)

然而值得注意的是,目前E-fuels的生产技术仍处于示范规模,充分挖掘这些低碳燃料的潜力还面临多重挑战。与传统化石燃料相比,E-fuels的生产成本仍然很高(2.2-4.8 倍)[18]。E-fuels的生产过程本质上是低效的,最多只能将一半的可再生能源转化为液体或气体燃料。可再生能源发电的成本高、多个反应设施存在大量热力学损失(造成E-fuels产量低)。这是导致高生产成本的关键因素。然而,随着规模经济、反应设施的优化和原料价格的降低,E-fuels的生产成本会逐步下降[19]。例如,可以在拥有大量可再生风能、潮汐能或太阳能资源(成本下降)的地区生产氢气。同样,E-fuels要取得成功,需要政策和监管干预来推动投资和商业化。这需要建立一个整体的温室气体排放核算框架(即基于全生命周期分析的政策),以平衡竞争环境,从而对温室气体减排产生持久影响。总的来说,实现中国宏伟的气候雄心目标需要广泛的政策和技术路线,其中E-fuels、纯电动汽车和先进的混合动力汽车都将发挥重要作用。

06

COUNTERMEASURES AND SUGGESTIONS FOR THE FUTURE
CARBON NEUTRALITY OF AUTO INDUSTRY

未来汽车行业碳中和的对策建议



6.1 近期(至2025年)

建立健全汽车行业碳排放标准体系。汽车生命周期碳排放标准体系是实施汽车碳排放管理的基础。建议以汽车全生命周期碳排放关键环节为切入点,逐步建立包括汽车整车、低碳材料、回收材料、氢燃料、氢燃料电池、动力电池等在内的生命周期碳排放标准体系,为国家实施碳排放管理政策提供标准支撑,也为车企加强碳排放管理能力建设提供依据。

建立完善汽车行业碳排放管理制度。预计2020-2021年期间,推动《乘用车生命周期碳排放核算技术规范》GB/T或HJ标准的立项、发布工作。2021-2022年,基于碳排放标准,推进碳排放公示制度建设,研究建立汽车碳标识制度,提高公众的低碳消费意识,督促企业低碳化转型。2023-2024年,预计研究制定乘用车低碳技术目录等激励措施。预计2025年,推出一系列约束政策,对汽车行业碳排放进行事前、事中、事后限额管理;对碳排放较高的车型开征“融入型”碳税,引导汽车行业低碳化发展等。

加快推动汽车行业消费新模式。目前消费者对碳减排的认知不足,势必会抵消生产端的减排努力,一方面主机厂迫于减排压力不得不转向电动车的生产,另一方面消费者更青睐传统燃油车,导致主机厂及上下游供应链减排风险增大,降低其减排积极性。而且,生产侧减排终究不能覆盖全部的碳排放源,其中不可避免和难以替代的碳排放源需要消费侧加以配合应对,因此需提高消费者对碳减排的认知,加强其低碳意识,改变消费者消费模式。

在短期,通过制定汽车行业碳排放核算技术规范和配套的政策措施,提高企业的碳排放管理能力以及减排意识,倒逼企业绿色低碳转型,将传统的燃油车转向碳排放更低的电动车辆,同时通过消费侧引导减小电动车辆的过渡成本,减少主机厂的减排压力,为后续低碳技术的研发和电动化的普及营造良好的政策环境。

6.2 中期(至2030年)

促进低碳材料的应用。相对于汽油车,电动汽车的全生命周期碳排放向车辆周期转移,车辆周期和燃料周期碳排放大概各占一半,尤其动力电池生产和报废回收阶段会产生较多的碳排放。同时,欧盟提出的《欧洲电池与废电池法》提案中对电池的碳足迹以及循环材料利用率进行了一系列强制性要求。基于减排和合规性考虑,循环材料等低碳材料在电动车辆上的应用需求更加迫切。

推动低碳技术的研发。鼓励整车企业开展低碳技术革新,改进工艺流程、提高生产能效、设计开发低碳和零碳的零部件,从而进一步降低车辆周期碳排放。同时,鼓励动力电池企业开发低碳和零碳电池正负极关键材料、提升电池的生产能效,从而降低动力电池的碳排放;此外,整车企业应推动供应链上下游企业协同减排增效,促进低碳技术在汽车全产业链的广泛应用。另外,在电动化过渡时期,可以通过提高传统汽油车的燃油效率、推广使用E-fuels等低碳技术降低碳排放峰值。

提高汽车电动化比率。由于电动车面临续航里程短、充电时间长、充电桩少的问题,电动车用户的用车便利性有待提高,导致我国电动车的普及率较低、行驶里程不足。因此,如若要提高汽车电动化比率,进而全面普及电动汽车,一方面需要企业继续提高电动车技术,包括提高电动车的续航里程,缩短充电时间等。另一方面需要政府完善电动车基础设施,在城市规划中提前布局充足的充电桩等电动车基础设施。

促进出行方式的转变。优化现有的公共交通体系,建设城市智能公交系统,实现自动语音报站、客流量统计、班车路线管理等功能,积极改善居民公交出行的条件,促使更多居民选择公共交通出行。优化现有的共享汽车监督管理体系,提高共享汽车的安全性和规范性,促进共享汽车的安全健康发展,以提高汽车使用效率,减少私家车的拥有量。同时,优化现有道路设计,保障自行车等非机动车的路权,鼓励居民短距离内利用自行车等绿色出行方式。

在中期,通过不断推动电动车技术创新,减少车辆周期的碳排放,克服电动车面临的成本高、续航里程短、充电速度慢、车辆周期碳排放高等问题,快速提升产品性能、质量、用户体验和减排性能,逐渐提高汽车电动化比率,为下一阶段电动时代的到来创造良好的技术条件。同时,通过优化现有的公共交通体系、道路设计和共享汽车监督管理体系,鼓励更多居民绿色低碳出行,减少私家车的购买量和使用量,降低汽车行业减排压力。

6.3 远期(至2060年)

加快电网清洁化转型。中国“富煤贫油少气”的化石能源资源禀赋现状,导致了我国电力结构中以煤电为主,电力生产的碳排放因子较高,一定程度上阻碍了电动化进程。同时,从以上研究结果可以看出,不同情景下电网清洁化的减排贡献最大。因此推进电网清洁化转型可以加速推进汽车行业碳中和进程。目前,煤电是保障中国电力供应的主力,短期内,“一刀切”式淘汰煤电不可行。因此一方面需要推动煤电高效、清洁化利用、负碳技术应用等,另一方面逐渐提高非化石能源发电比例,最终构建以非化石能源为主的新能源电力系统。

推动电动时代的平稳过渡。在电动车技术发展成熟和电网清洁化的前提下,电动车在汽车行业碳中和中发挥的作用将进一步被放大,未来,电动车将发挥汽车碳中和的主力军作用。在这个期间,不断推进电动车在各个领域的应用,平稳过渡到电动时代。

促进零碳燃料电池车研发。加快零碳燃料电池车的研发,应用于难以电动化的远距离运输。远距离运输电耗比较高、使用周期较短,导致这部分车辆电动化难度较高。因此可推进可再生氢等零碳燃料应用于远距离运输这些难以电动化的领域。

加快推进负碳技术的研发。负碳技术可大大降低汽车行业碳排放。因为技术条件或成本的限制,某些车辆可能无法完全实现电动化或者生命周期某些环节无法实现净零排放,因此负碳技术对于这部分的碳排放非常必要,是实现碳中和的一大利器。目前负碳技术尚不成熟,成本较高,未达到商业化应用,因此这一阶段需重点推动负碳技术研发,达到商业化应用的水平。

综上,远期主要通过加快电网清洁化转型,车辆电动化转型,搭配负碳技术商业化应用来实现汽车行业的碳中和。

参考文献

- [1] 陈迎, 巢清尘等, 碳达峰、碳中和100问, 北京: 人民日报出版社, 2021
- [2] 中国汽车工程学会, 节能与新能源汽车技术路线图2.0, 机械工业出版社, 2021
- [3] 公安部交通管理局, <https://auto.gasgoo.com/news/202101/11/70237621C108.shtml>
- [4] 中国汽车工业协会汽车纵横全媒体, 中国汽车工业协会信息发布会, <https://mp.weixin.qq.com/s/FhQcEYMHxATFkuALnjMG2w>
- [5] 节能与新能源汽车技术路线图2.0, 中国汽车工程学会, 2020.
- [6] 中汽数据有限公司, 低碳行动计划研究报告2020, 2020.
- [7] EUROPEAN COMMISSION, Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fueled vehicles through LCA, 2020
- [8] Han H, Wang H W, Ouyang M G, et al. Vehicle survival patterns in China. Science China, 2011, 54(3): 625-629.
- [9] Schlömer S., T.B., L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014, Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [10] 全球能源互联网发展合作组织, 中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望
- [11] Shih, C.F., Zhang, T., Li, J. and Bai, C. "Powering the Future with Liquid Sunshine" Joule, Volume 2, Issue 10, P1925-1949, October 17, 2018.
- [12] Siegemund, S., Trommler, M. and Schmidt P. "The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU" Schone drucksachem GmbH, Berlin, Nov. 2017.
- [13] The Royal Society, Sustainable synthetic carbon based fuels for transport: Policy briefing, Royal Society (royalsociety.org/synthetic-fuels), 2019.
- [14] Garcia, A., Monsalve-Serrano, J. et. al. "Potential of e-Fischer Tropsch diesel and oxymethyl-ether (OMEx) as fuels for the dual-mode dual-fuel concept", Applied Energy, Volume 253, 2019.
- [15] European Commission, Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II), 2018. <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii>
- [16] audi-mediacentre.com/en/press-releases/audi-advances-e-fuels-technology-new-e-benzin-fuel-being-tested-9912
- [17] newsroom.porsche.com/en/2020/company/Porsche-siemens-energy-pilot-project-chile-research-development-synthetic-fuels-efuels-23021.html
- [18] Shih, C.F., Zhang, T., and Li, J. "Liquid Sunshine: Opportunities and Pathways to a Green Future for all – a Viable Energy Strategy for China (Chinese Academy of Sciences Report)", 2017.
- [19] Frontier Economics/Agora. The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels, 2018.

附表1 汽车生命周期低碳发展标准目录

Catalogue Of Low-carbon Development Standards For Automobile Life Cycle

序号	子体系	子领域	标准编号	标准名称
1	低碳工业	低碳技术路径	GB/T 26989-2011	汽车回收利用术语
2	低碳工业	低碳技术路径	GB/T 26988-2011	汽车部件可回收利用性标识
3	低碳工业	低碳技术路径	GB/T19515-2015	道路车辆 可再利用率 and 可回收利用率计算方法
4	低碳工业	低碳技术路径	GB/T 33460-2016	报废汽车拆解指导手册编制规范
5	低碳工业	低碳技术路径	GB/T 30512-2014	汽车禁用物质要求
6	低碳工业	低碳技术路径	QC/T 943-2013	汽车材料中铅、镉的检测方法
7	低碳工业	低碳技术路径	QC/T 941-2013	汽车材料中汞的检测方法
8	低碳工业	低碳技术路径	QC/T 942-2013	汽车材料中六价铬的检测方法
9	低碳工业	低碳技术路径	QC/T 944-2013	汽车材料中多溴联苯(PBBs)和多溴二苯醚(PBDEs)的检测方法
10	低碳工业	低碳技术路径	QC/T 1131-2020	汽车材料中多环芳烃的检测方法
11	低碳工业	低碳技术路径	GB/T 39897-2021	车内非金属部件挥发性有机物和醛酮类物质检测方法
12	低碳产品	限值/指标	GB 27999—2019	乘用车燃料消耗量评价方法及指标
13	低碳产品	限值/指标	GB 19578—2021	乘用车燃料消耗量限值
14	低碳产品	限值/指标	GB 20997—2015	轻型商用车燃料消耗量限值
15	低碳产品	限值/指标	GB 30510—2018	重型商用车燃料消耗量限值
16	低碳产品	限值/指标	GB/T 36980—2018	电动汽车能量消耗率限值
17	低碳产品	标识	GB 22757.1—2017	轻型汽车能源消耗量标识 第1部分：汽油和柴油汽车
18	低碳产品	标识	GB 22757.2—2017	轻型汽车能源消耗量标识 第2部分： 可外接充电式混合动力电动汽车和纯电动汽车
19	低碳产品	测试方法	GB/T 19233—2020	轻型汽车燃料消耗量试验方法
20	低碳产品	测试方法	GB/T 27840—2011	重型商用车燃料消耗量测量方法
21	低碳产品	试验方法	GB/T 12545.1—2008	汽车燃料消耗量试验方法 第1部分：乘用车燃料消耗量试验方法
22	低碳产品	试验方法	GB/T 12545.2—2001	商用车燃料消耗量试验方法
23	低碳产品	试验方法	GB/T 18386—2017	电动汽车能量消耗率和续驶里程试验方法
24	低碳产品	试验方法	GB/T 18386.1—2021	电动汽车能量消耗量和续驶里程试验方法 第1部分：轻型汽车
25	低碳产品	试验方法	GB/T 19753—2021	轻型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法
26	低碳产品	试验方法	GB/T 19754—2015	重型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法
27	低碳产品	试验方法	GB/T 35178—2017	燃料电池电动汽车 氢气消耗量测量方法

续附表1

Continued Schedule 1

序号	子体系	子领域	标准编号	标准名称
28	低碳产品	试验方法	GB/T 26989-2011	压缩天然气汽车燃料消耗量试验方法
29	低碳产品	试验方法	GB/T 26988-2011	甲醇燃料汽车燃料消耗量试验方法
30	低碳产品	中国工况/折算	GB/T19515-2015	中国汽车行驶工况 第1部分:轻型汽车
31	低碳产品	中国工况/折算	GB/T 33460-2016	中国汽车行驶工况 第2部分:重型商用车辆
32	低碳产品	中国工况/折算	GB/T 30512-2014	电动汽车能耗折算方法
33	新能源产品	基础通用	QC/T 943-2013	电动汽车安全要求
34	新能源产品	车载储能系统	QC/T 941-2013	电动汽车用动力蓄电池安全要求
35	新能源产品	纯电动汽车	QC/T 942-2013	电动客车安全要求
36	新能源产品	车载储能系统	QC/T 944-2013	电动汽车用锌空气电池
37	新能源产品	纯电动汽车	QC/T 1131-2020	电动汽车 动力性能 试验方法
38	新能源产品	基础通用	GB/T 39897-2021	电动车辆的电磁场发射强度的限值和测量方法
39	新能源产品	纯电动汽车	GB 27999—2019	电动汽车 定型试验规程
40	新能源产品	传导充电	GB 19578—2021	电动车辆传导充电系统 电动车辆交流/直流充电机(站)
41	新能源产品	电驱动系统	GB 20997—2015	电动汽车用驱动电机系统 第1部分:技术条件
42	新能源产品	电驱动系统	GB 30510—2018	电动汽车用驱动电机系统 第2部分:试验方法
43	新能源产品	基础通用	GB/T 36980—2018	电动汽车术语
44	新能源产品	混合动力电动汽车	GB 22757.1—2017	混合动力电动汽车 定型试验规程
45	新能源产品	混合动力电动汽车	GB/T 19752-2005	混合动力电动汽车 动力性能 试验方法
46	新能源产品	基础通用	GB/T 19836-2019	电动汽车仪表
47	新能源产品	传导充电	GB/T 20234.1-2015	电动汽车传导充电用连接装置 第1部分:通用要求
48	新能源产品	传导充电	GB/T 20234.2-2015	电动汽车传导充电用连接装置 第2部分:交流充电接口
49	新能源产品	传导充电	GB/T 20234.3-2015	电动汽车传导充电用连接装置 第3部分:直流充电接口
50	新能源产品	其他系统及部件	GB/T 24347-2009	电动汽车DC/DC变换器
51	新能源产品	基础通用	GB/T 24548-2009	燃料电池电动汽车 术语
52	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 24549-2020	燃料电池电动汽车 安全要求
53	新能源产品	纯电动汽车	GB/T 24552-2009	电动汽车车窗玻璃除霜除雾系统的性能要求及试验方法
54	新能源产品	燃料电池系统	GB/T 24554-2009	燃料电池发动机性能试验方法
55	新能源产品	加氢	GB/T 26779-2021	燃料电池电动汽车 加氢口+[修改单]
56	新能源产品	燃料电池系统	GB/T 26990-2011	燃料电池电动汽车 车载氢系统 技术条件+[修改单]
57	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 26991-2011	燃料电池电动汽车 最高车速试验方法

续附表1

Continued Schedule 1

序号	子体系	子领域	标准编号	标准名称
58	新能源产品	纯电动汽车	GB/T 28382-2012	纯电动乘用车 技术条件
59	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 29123-2012	示范运行氢燃料电池电动汽车技术规范
60	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 29124-2012	氢燃料电池电动汽车示范运行配套设施规范
61	新能源产品	燃料电池系统	GB/T 29126-2012	燃料电池电动汽车 车载氢系统 试验方法+[修改单]
62	新能源产品	电驱动系统	GB/T 29307-2012	电动汽车用驱动电机系统可靠性试验方法
63	新能源产品	基础通用	GB/T 31466-2015	电动汽车高压系统电压等级
64	新能源产品	车载储能系统	GB/T 31467.1-2015	电动汽车用锂离子动力电池包和系统 第1部分:高功率应用测试规程
65	新能源产品	车载储能系统	GB/T 31467.2-2015	电动汽车用锂离子动力电池包和系统 第2部分:高能量应用测试规程
66	新能源产品	车载储能系统	GB/T 31484-2015	电动汽车用动力电池循环寿命要求及试验方法
67	新能源产品	车载储能系统	GB/T 31486-2015	电动汽车用动力电池电性能要求及试验方法
68	新能源产品	基础通用	GB/T 31498-2015	电动汽车碰撞后安全要求
69	新能源产品	混合动力电动汽车	GB/T 32694-2021	插电式混合动力电动乘用车 技术条件
70	新能源产品	基础通用	GB/T 32960.1-2016	电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第1部分:总则
71	新能源产品	基础通用	GB/T 32960.2-2016	电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第2部分:车载终端
72	新能源产品	基础通用	GB/T 32960.3-2016	电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第3部分:通信协议及数据格式
73	新能源产品	车载储能系统	GB/T 34013-2017	电动汽车用动力电池产品规格尺寸
74	新能源产品	车载储能系统	GB/T 34014-2017	汽车动力电池编码规则
75	新能源产品	加氢	GB/T 34425-2017	燃料电池电动汽车 加氢枪
76	新能源产品	纯电动汽车	GB/T 34585-2017	纯电动货车 技术条件
77	新能源产品	燃料电池系统	GB/T 34593-2017	燃料电池发动机氢气排放测试方法
78	新能源产品	混合动力电动汽车	GB/T 34598-2017	插电式混合动力电动商用车 技术条件
79	新能源产品	传导充电	GB/T 34657.2-2017	电动汽车传导充电互操作性测试规范 第2部分:车辆
80	新能源产品	电驱动系统	GB/T 36282-2018	电动汽车用驱动电机系统电磁兼容性要求和试验方法
81	新能源产品	其他系统及部件	GB/T 37133-2018	电动汽车用高压大电流线束和连接器技术要求
82	新能源产品	基础通用	GB/T 37153-2018	电动汽车低速提示音
83	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 37154-2018	燃料电池电动汽车 整车氢气排放测试方法
84	新能源产品	基础通用	GB/T 38117-2019	电动汽车产品使用说明 应急救援
85	新能源产品	基础通用	GB/T 38283-2019	电动汽车灾害事故应急救援指南
86	新能源产品	其他系统及部件	GB/T 38661-2020	电动汽车用电池管理系统技术条件
87	新能源产品	无线充电	GB/T 38775.1-2020	电动汽车无线充电系统 第1部分:通用要求

续附表1

Continued Schedule 1

序号	子体系	子领域	标准编号	标准名称
88	新能源产品	其他系统及部件	GB/T 39086-2020	电动汽车用电池管理系统功能安全要求及试验方法
89	新能源产品	燃料电池电动汽车	GB/T 39132-2020	燃料电池电动汽车定型试验规程
90	新能源产品	换电	GB/T 40032-2021	电动汽车换电安全要求
91	新能源产品	基础通用	GB/T 4094.2-2017	电动汽车 操纵件、指示器及信号装置的标志
92	新能源产品	车载储能系统	QC/T 741-2014	车用超级电容器+[修改单]
93	新能源产品	车载储能系统	QC/T 742-2006	电动汽车用铅酸蓄电池
94	新能源产品	车载储能系统	QC/T 743-2006	电动汽车用锂离子蓄电池
95	新能源产品	车载储能系统	QC/T 744-2006	电动汽车用金属氢化物镍蓄电池
96	新能源产品	加氢	QC/T 816-2009	加氢车技术条件
97	新能源产品	基础通用	QC/T 837-2010	混合动力电动汽车类型
98	新能源产品	纯电动汽车	QC/T 838-2010	超级电容电动城市客车
99	新能源产品	传导充电	QC/T 839-2010	超级电容电动城市客车供电系统
100	新能源产品	车载储能系统	QC/T 840-2010	电动汽车用动力蓄电池产品规格尺寸
101	新能源产品	电驱动系统	QC/T 893-2011	电动汽车用驱动电机系统故障分类及判断
102	新能源产品	混合动力电动汽车	QC/T 894-2011	重型混合动力电动汽车污染物排放车载测量方法
103	新能源产品	传导充电	QC/T 895-2011	电动汽车用传导式车载充电机
104	新能源产品	电驱动系统	QC/T 896-2011	电动汽车用驱动电机系统接口
105	新能源产品	其他系统及部件	QC/T 897-2011	电动汽车用电池管理系统技术条件
106	新能源产品	纯电动汽车	QC/T 925-2013	超级电容电动城市客车 定型试验规程
107	新能源产品	电驱动系统	QC/T 926-2013	轻型混合动力电动汽车 (ISG型) 用动力单元可靠性试验方法
108	新能源产品	换电	QC/T 989-2014	电动汽车用动力蓄电池箱通用要求
109	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1022-2015	纯电动乘用车用减速器总成技术条件
110	新能源产品	车载储能系统	QC/T 1023-2015	电动汽车用动力蓄电池系统通用要求
111	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1068-2017	电动汽车用异步驱动电机系统
112	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1069-2017	电动汽车用永磁同步驱动电机系统
113	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1086-2017	电动汽车用增程器技术条件
114	新能源产品	纯电动汽车	QC/T 1087-2017	纯电动城市环卫车技术条件
115	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1088-2017	电动汽车用充放电式电机控制器技术条件
116	新能源产品	基础通用	QC/T 1089-2017	电动汽车再生制动系统要求及试验方法
117	新能源产品	电驱动系统	QC/T 1132-2020	电动汽车用电动动力系噪声测量方法

续附表1

Continued Schedule 1

序号	子体系	子领域	标准编号	标准名称
118	新能源产品	其他系统及部件	QC/T 1136-2020	电动汽车用绝缘栅双极晶体管 (IGBT) 模块环境试验要求及试验方法
119	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 34015-2017	车用动力电池回收利用 余能检测
120	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 34015.2-2020	车用动力电池回收利用 梯次利用 第2部分:拆卸要求
121	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 33598-2017	车用动力电池回收利用 拆解规范
122	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 33598.2-2020	车用动力电池回收利用 再生利用 第2部分:材料回收要求
123	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 38698.1-2020	车用动力电池回收利用 管理规范 第1部分:包装运输
124	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 34600-2017	汽车零部件再制造技术规范点燃式、压燃式发动机
125	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 39895-2021	汽车零部件再制造产品 标识规范
126	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28672-2012	汽车零部件再制造产品技术规范 交流发电机
127	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28673-2012	汽车零部件再制造产品技术规范 起动机
128	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28674-2012	汽车零部件再制造产品技术规范 转向器
129	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28675-2012	汽车零部件再制造 拆解
130	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28676-2012	汽车零部件再制造 分类
131	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28677-2012	汽车零部件再制造 清洗
132	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28678-2012	汽车零部件再制造 出厂验收
133	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 28679-2012	汽车零部件再制造 装配
134	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 39899-2021	汽车零部件再制造产品技术规范 自动变速器
135	循环低碳	低碳技术路径	QC/T 1070-2017	汽车零部件再制造产品技术规范 气缸体总成
136	循环低碳	低碳技术路径	QC/T 1074-2017	汽车零部件再制造产品技术规范 气缸盖
137	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 34596-2017	汽车零部件再制造产品技术规范 机油泵
138	循环低碳	低碳技术路径	GB/T 34595-2017	汽车零部件再制造产品技术规范 水泵
139	循环低碳	低碳技术路径	QC/T 1139-2020	汽车零部件再制造产品技术规范 连杆
140	循环低碳	低碳技术路径	QC/T 1140-2020	汽车零部件再制造产品技术规范 曲轴

附表2 部件更换次数 (单位:次)

Number of replacement parts (unit: times)

编号	材料名称	除纯电动乘用车外的适用M1车辆	纯电动乘用车
1	轮胎	2	2
2	铅蓄电池	2	2
3	润滑剂	29	8
4	刹车液	2	2
5	冷却液	2	2
6	制冷剂	逸散1次, 更换1次	逸散1次, 更换1次
7	洗涤液	14	14

附表3 车辆周期相关碳排放因子

Vehicle cycle-related carbon emission factors

编号	名称	碳排放因子缺省值	单位
1	钢铁	2.38	kgCO ₂ e/kg
2	铸铁	1.82	kgCO ₂ e/kg
3	铝及铝合金	16.38	kgCO ₂ e/kg
4	镁及镁合金	39.55	kgCO ₂ e/kg
5	铜及铜合金	4.23	kgCO ₂ e/kg
6	热塑性塑料	3.96	kgCO ₂ e/kg
7	热固性塑料	4.57	kgCO ₂ e/kg
8	橡胶	3.08	kgCO ₂ e/kg
9	织物	5.80	kgCO ₂ e/kg
10	陶瓷/玻璃	0.95	kgCO ₂ e/kg
11	铅	2.74	kgCO ₂ e/kg
12	硫酸	0.10	kgCO ₂ e/kg
13	玻璃纤维	8.91	kgCO ₂ e/kg ¹⁴
14	磷酸铁锂	2.93	kgCO ₂ e/kg

编号	名称	碳排放因子缺省值	单位
15	镍钴锰酸锂	17.40	kgCO ₂ e/kg
16	锰酸锂	4.73	kgCO ₂ e/kg
17	石墨	5.48	kgCO ₂ e/kg
18	电解液: 六氟磷酸锂	19.60	kgCO ₂ e/kg
19	润滑剂	1.20	kgCO ₂ e/kg
20	刹车液	1.20	kgCO ₂ e/kg
21	冷却液	1.85	kgCO ₂ e/kg
22	制冷剂	15.10	kgCO ₂ e/kg
23	洗涤液	0.97	kgCO ₂ e/kg
24	镍钴锰酸锂电池包	87.78	kgCO ₂ e/kg
25	磷酸铁锂电池包	73.51	kgCO ₂ e/kg
26	锰酸锂电池包	67.90	kgCO ₂ e/kg
27	整车生产	550	kgCO ₂ e/kg

附表4 燃料生产的碳排放因子

Carbon emission factors for fuel production

能源/燃料名称	生产的碳排放因子	单位	核算边界
电力	0.635	kgCO ₂ e/kWh	包括能源开采、电力生产、电力输送过程
天然气	0.07	kgCO ₂ e/m ³	包括天然气开采、加工、运输等过程, 未考虑生产过程溢散排放
汽油	0.487	kgCO ₂ e/L	包括原油开采、加工、运输过程, 未考虑生产过程溢散排放
柴油	0.535	kgCO ₂ e/L	包括原油开采、加工、运输过程, 未考虑生产过程溢散排放
煤	0.08	kgCO ₂ e/kg	包括原煤开采、洗选过程, 未考虑采矿场煤的自然和瓦斯的溢散排放
低压蒸汽 (0.3MPa)	0.31	kgCO ₂ e/kg	用煤作为能源生产, 包括原煤开采、洗选过程、运输及锅炉生产蒸汽过程
中压蒸汽 (1MPa)	0.38	kgCO ₂ e/kg	用煤作为能源生产, 包括原煤开采、洗选过程、运输及锅炉生产蒸汽过程

附表5 常见化石能源特定参数值

Common fossil energy specific parameter values

燃料品种		低位发热量	单位热值含碳量	燃料碳氧化率
固体燃料	无烟煤	26.700 ^a	27.40×10^{-3b}	94%
	烟煤	19.570 ^c	26.10×10^{-3b}	93%
	褐煤	11.900 ^a	28.00×10^{-3b}	96%
	洗精煤	26.344 ^d	25.41×10^{-3b}	90%
	其他洗煤	12.545 ^d	25.41×10^{-3b}	90%
	型煤	17.460 ^c	33.60×10^{-3c}	90%
	焦炭	28.435 ^c	29.50×10^{-3b}	93%
液体燃料	原油	41.816 ^d	20.10×10^{-3b}	98%
	燃料油	41.816 ^d	21.10×10^{-3b}	98%
	汽油	43.070 ^d	18.90×10^{-3b}	98%
	柴油	42.652 ^d	20.20×10^{-3b}	98%
	一般煤油	43.070 ^d	19.60×10^{-3b}	98%
	液化天然气	51.44 ^d	15.30×10^{-3b}	98%
	液化石油气	50.179 ^d	17.20×10^{-3b}	98%
	煤焦油	33.453 ^d	22.00×10^{-3a}	98%
气体燃料	炼厂干气	45.998 ^d	18.20×10^{-3b}	99%
	焦炉煤气	179.81 ^d	13.58×10^{-3b}	99%
	高炉煤气	33.000 ^c	70.80×10^{-3a}	99%
	转炉煤气	84.000 ^c	49.60×10^{-3c}	99%
	其他煤气	52.270 ^d	12.20×10^{-3b}	99%
	天然气	389.310 ^d	15.30×10^{-3b}	99%

注：

a 数据取值来源为《2006年IPCC国家温室气体清单指南》

b 数据取值来源为《省级温室气体清单指南(试行)》

c 数据取值来源为《中国温室气体清单研究(2007)》

d 数据取值来源为《中国能源统计年鉴(2019)》

附表6 车型级别划分方法

Model classification method

		A00级	A0级	A级	B级	C级
轿车	轴距/mm	<2450	2350-2600	2600-2750	2700-2900	2850-3150
	长度-两厢/mm	<3750	3750-4400	4200-4700	4700-5000	4950-5150
	长度-三厢/mm	<4200	4100-4500	4350-4750		
SUV	轴距/mm		<2650	2600-2750	2750-2900	>2900
	长度/mm		<4350	4350-4750	4700-5000	>5000
MPV	轴距/mm		<2800	2800-2900	>2900	
	长度/mm		<4600	4600-4800	>4800	

注:当车长和轴距无法匹配以上划分标准,则以轴距为唯一划分依据。

附表7 车型单位行驶里程碳排放

Model unit driving mileage carbon emissions

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
1	安徽江淮汽车集团股份有限公司	嘉悦A5	汽油	轿车	B	270.8
2	安徽江淮汽车集团股份有限公司	嘉悦X7	汽油	SUV	B	314.1
3	安徽江淮汽车集团股份有限公司	江淮iC5	纯电动	轿车	B	173.9
4	安徽江淮汽车集团股份有限公司	江淮iEV6E	纯电动	轿车	A00	161.2
5	安徽江淮汽车集团股份有限公司	江淮iEV7	纯电动	轿车	A0	148.4
6	安徽江淮汽车集团股份有限公司	江淮iEVA50	纯电动	轿车	A	184.1
7	安徽江淮汽车集团股份有限公司	江淮iEVS4	纯电动	SUV	A0	197.5
8	安徽江淮汽车集团股份有限公司	瑞风M3	汽油	MPV	A	325.9
9	安徽江淮汽车集团股份有限公司	瑞风M4	柴油	MPV	B	328.6
10	安徽江淮汽车集团股份有限公司	瑞风M4	汽油	MPV	B	384.1
11	安徽江淮汽车集团股份有限公司	瑞风S4	汽油	SUV	A0	262.3
12	北京奔驰汽车有限公司	奔驰A级	汽油	轿车	A	260.3
13	北京奔驰汽车有限公司	奔驰A级AMG	汽油	轿车	A	300.9

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
14	北京奔驰汽车有限公司	奔驰C级	汽油	轿车	B	270.7
15	北京奔驰汽车有限公司	奔驰EQC级	纯电动	SUV	B	243.3
16	北京奔驰汽车有限公司	奔驰E级	插电式混合动力	轿车	C	250.3
17	北京奔驰汽车有限公司	奔驰E级	汽油	轿车	C	323.8
18	北京奔驰汽车有限公司	奔驰GLA级	汽油	SUV	A	270.2
19	北京奔驰汽车有限公司	奔驰GLB级	汽油	SUV	B	267.0
20	北京奔驰汽车有限公司	奔驰GLC级	汽油	SUV	B	308.0
21	北京汽车股份有限公司	北京40L	柴油	SUV	A	370.6
22	北京汽车股份有限公司	北京40L	汽油	SUV	A	409.9
23	北京汽车股份有限公司	北京80	汽油	SUV	B	408.6
24	北京汽车股份有限公司	北京U7	汽油	轿车	B	253.0
25	北京汽车股份有限公司	北京X3	汽油	SUV	A0	258.5
26	北京汽车股份有限公司	北京X5	汽油	SUV	A	276.5
27	北京汽车股份有限公司	北京X7	汽油	SUV	B	270.5
28	北京汽车股份有限公司	绅宝智行	汽油	SUV	A	276.5
29	北京现代汽车有限公司	菲斯塔	纯电动	轿车	A	159.7
30	北京现代汽车有限公司	菲斯塔	汽油	轿车	A	228.8
31	北京现代汽车有限公司	领动	汽油	轿车	A	226.3
32	北京现代汽车有限公司	领动	插电式混合动力	轿车	A	160.7
33	北京现代汽车有限公司	名图	汽油	轿车	B	270.8
34	北京现代汽车有限公司	瑞纳	汽油	轿车	A0	217.8
35	北京现代汽车有限公司	胜达	汽油	SUV	A	348.0
36	北京现代汽车有限公司	索纳塔	汽油	轿车	B	257.5
37	北京现代汽车有限公司	索纳塔九	插电式混合动力	轿车	B	204.1
38	北京现代汽车有限公司	途胜	汽油	SUV	A	325.7
39	北京现代汽车有限公司	现代ENCINO	纯电动	SUV	A0	172.7
40	北京现代汽车有限公司	现代ENCINO	汽油	SUV	A0	228.0
41	北京现代汽车有限公司	现代ix25	汽油	SUV	A0	257.0
42	北京现代汽车有限公司	现代ix35	汽油	SUV	A	281.8
43	北京现代汽车有限公司	伊兰特	汽油	轿车	A	203.4

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
44	北京现代汽车有限公司	悦动	汽油	轿车	A	233.3
45	北京现代汽车有限公司	悦纳	汽油	轿车	A0	219.7
46	北京新能源汽车股份有限公司	北汽ARCFOX αT	纯电动	SUV	B	228.2
47	北京新能源汽车股份有限公司	北汽EC系列	纯电动	轿车	A00	125.5
48	北京新能源汽车股份有限公司	北汽EU7	纯电动	轿车	B	178.4
49	北京新能源汽车股份有限公司	北汽EU系列	纯电动	轿车	A	179.9
50	北京新能源汽车股份有限公司	北汽EX3	纯电动	SUV	A0	175.6
51	比亚迪汽车有限公司	比亚迪D1	纯电动	MPV	A0	154.5
52	比亚迪汽车有限公司	比亚迪E1	纯电动	轿车	A00	114.9
53	比亚迪汽车有限公司	比亚迪E2	纯电动	轿车	A0	147.6
54	比亚迪汽车有限公司	比亚迪E3	纯电动	轿车	A	147.7
55	比亚迪汽车有限公司	比亚迪E5	纯电动	轿车	A	162.9
56	比亚迪汽车有限公司	比亚迪F3	汽油	轿车	A	225.2
57	比亚迪汽车有限公司	比亚迪M3	纯电动	MPV	A0	173.9
58	比亚迪汽车有限公司	比亚迪S2	纯电动	SUV	A0	148.3
59	比亚迪汽车有限公司	比亚迪汉	纯电动	轿车	C	196.4
60	比亚迪汽车有限公司	比亚迪汉	插电式混合动力	轿车	C	200.5
61	比亚迪汽车有限公司	比亚迪秦	纯电动	轿车	A	175.2
62	比亚迪汽车有限公司	比亚迪秦	插电式混合动力	轿车	A	210.4
63	比亚迪汽车有限公司	比亚迪秦	汽油	轿车	A	240.0
64	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋	纯电动	SUV	A	210.2
65	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋	插电式混合动力	SUV	A	217.5
66	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋	汽油	SUV	A	301.3
67	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋MAX	插电式混合动力	MPV	A	202.2
68	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋MAX	汽油	MPV	A	281.9
69	比亚迪汽车有限公司	比亚迪宋PLUS	汽油	SUV	B	258.0
70	比亚迪汽车有限公司	比亚迪唐	纯电动	SUV	A	226.4
71	比亚迪汽车有限公司	比亚迪唐	插电式混合动力	SUV	A	245.7
72	比亚迪汽车有限公司	比亚迪唐	汽油	SUV	A	330.3
73	比亚迪汽车有限公司	比亚迪元	纯电动	SUV	A0	162.7

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
74	长安福特汽车有限公司	福克斯	汽油	轿车	A	218.3
75	长安福特汽车有限公司	福克斯Active	汽油	轿车	A	226.2
76	长安福特汽车有限公司	福睿斯	汽油	轿车	A	217.8
77	长安福特汽车有限公司	金牛座	汽油	轿车	C	284.1
78	长安福特汽车有限公司	蒙迪欧	汽油	轿车	B	293.1
79	长安福特汽车有限公司	锐际	汽油	SUV	A	282.6
80	长安福特汽车有限公司	锐界	汽油	SUV	B	330.6
81	长安福特汽车有限公司	探险者	汽油	SUV	C	338.0
82	长安马自达汽车有限公司	马自达3昂克赛拉	汽油	轿车	A	234.0
83	长安马自达汽车有限公司	马自达CX-30	汽油	SUV	A	230.9
84	长安马自达汽车有限公司	马自达CX-5	汽油	SUV	A	285.2
85	长城汽车股份有限公司	哈弗F5	汽油	SUV	A	242.8
86	长城汽车股份有限公司	哈弗H4	汽油	SUV	A	254.0
87	长城汽车股份有限公司	哈弗H5	柴油	SUV	A	304.1
88	长城汽车股份有限公司	哈弗H6	汽油	SUV	A	269.1
89	长城汽车股份有限公司	哈弗H6 Coupe	汽油	SUV	A	251.8
90	长城汽车股份有限公司	哈弗H7	汽油	SUV	B	278.3
91	长城汽车股份有限公司	哈弗H9	柴油	SUV	B	352.5
92	长城汽车股份有限公司	哈弗M6	汽油	SUV	A	248.3
93	长城汽车股份有限公司	哈弗大狗	汽油	SUV	A	254.1
94	长城汽车股份有限公司	欧拉iQ	纯电动	轿车	A	148.9
95	长城汽车股份有限公司	欧拉白猫	纯电动	轿车	A00	108.4
96	长城汽车股份有限公司	欧拉好猫	纯电动	轿车	A	149.5
97	长城汽车股份有限公司	欧拉黑猫	纯电动	轿车	A00	107.7
98	长城汽车股份有限公司	魏派VW5	汽油	SUV	A	256.1
99	长城汽车股份有限公司	魏派VW7	汽油	SUV	B	284.3
100	重庆长安汽车股份有限公司	奔奔	纯电动	轿车	A00	133.1
101	重庆长安汽车股份有限公司	科赛5	汽油	SUV	A0	246.6
102	重庆长安汽车股份有限公司	科赛GT	汽油	SUV	B	314.9
103	重庆长安汽车股份有限公司	科尚	纯电动	MPV	A	165.1

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
104	重庆长安汽车股份有限公司	科尚	汽油	MPV	A	289.3
105	重庆长安汽车股份有限公司	欧诺S	汽油	MPV	A0	252.3
106	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚A600	纯电动	MPV	A0	167.3
107	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚A600	汽油	MPV	A0	270.6
108	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚A800	汽油	MPV	A	265.8
109	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚COS1	汽油	SUV	B	296.3
110	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚X5	汽油	SUV	A	231.0
111	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚X7	纯电动	SUV	B	180.4
112	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚X7	汽油	SUV	B	273.4
113	重庆长安汽车股份有限公司	欧尚X70A	汽油	SUV	A	255.4
114	重庆长安汽车股份有限公司	锐程CC	汽油	轿车	B	261.2
115	重庆长安汽车股份有限公司	睿行M60	汽油	交叉型乘用车	-	284.9
116	重庆长安汽车股份有限公司	睿行S50	汽油	MPV	A	288.8
117	重庆长安汽车股份有限公司	逸动	汽油	轿车	A	242.3
118	重庆长安汽车股份有限公司	逸动	纯电动	轿车	A	163.8
119	重庆长安汽车股份有限公司	逸动DT	汽油	轿车	A	240.6
120	重庆长安汽车股份有限公司	逸动ET	纯电动	轿车	A	163.2
121	重庆长安汽车股份有限公司	悦翔	汽油	轿车	A0	221.7
122	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS15	纯电动	SUV	A0	160.6
123	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS15	汽油	SUV	A0	237.5
124	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS35	汽油	SUV	A0	263.2
125	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS55	纯电动	SUV	A	189.4
126	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS55	汽油	SUV	A	281.7
127	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS75	插电式混合动力	SUV	A	231.6
128	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS75	汽油	SUV	A	340.1
129	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS85	汽油	SUV	A	301.4
130	重庆长安汽车股份有限公司	长安CS95	汽油	SUV	B	357.1
131	重庆长安汽车股份有限公司	长安CX70	汽油	SUV	B	287.2
132	重庆长安汽车股份有限公司	长安UNI-T	汽油	SUV	A	251.7
133	重庆长安汽车股份有限公司	长安V3	汽油	交叉型乘用车	-	237.1

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
134	重庆长安汽车股份有限公司	长安之星9	汽油	交叉型乘用车	-	260.8
135	重庆长安汽车股份有限公司	长行	纯电动	MPV	A0	158.7
136	重庆长安汽车股份有限公司	长行	汽油	MPV	A0	270.6
137	重庆理想智造汽车有限公司	理想ONE	插电式混合动力	SUV	C	236.1
138	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	极星2	纯电动	轿车	A	212.6
139	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃S60L	插电式混合动力	轿车	B	233.3
140	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃S60L	汽油	轿车	B	289.6
141	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃S90	插电式混合动力	轿车	C	242.1
142	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃S90	汽油	轿车	C	272.0
143	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃XC40	汽油	SUV	A	285.1
144	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃XC60	插电式混合动力	SUV	B	256.7
145	大庆沃尔沃汽车制造有限公司	沃尔沃XC60	汽油	SUV	B	306.7
146	东风本田汽车有限公司	艾力绅	常规混合动力	MPV	B	243.4
147	东风本田汽车有限公司	艾力绅	汽油	MPV	B	343.3
148	东风本田汽车有限公司	本田CR-V	常规混合动力	SUV	A	225.9
149	东风本田汽车有限公司	本田CR-V	汽油	SUV	A	290.1
150	东风本田汽车有限公司	本田INSPIRE	常规混合动力	轿车	B	188.2
151	东风本田汽车有限公司	本田INSPIRE	汽油	轿车	B	230.9
152	东风本田汽车有限公司	本田UR-V	汽油	SUV	B	321.2
153	东风本田汽车有限公司	本田XR-V	汽油	SUV	A0	247.8
154	东风本田汽车有限公司	杰德	汽油	轿车	B	259.4
155	东风本田汽车有限公司	思铭X-NV	纯电动	SUV	A0	166.9
156	东风本田汽车有限公司	思域	汽油	轿车	A	244.0
157	东风本田汽车有限公司	享域	汽油	轿车	A	207.3
158	东风本田汽车有限公司	享域	常规混合动力	轿车	A	172.1
159	东风柳州汽车有限公司	风行CM7	汽油	MPV	B	384.3
160	东风柳州汽车有限公司	风行SX6	汽油	SUV	A	283.7
161	东风柳州汽车有限公司	风行T5	汽油	SUV	A	287.5
162	东风柳州汽车有限公司	风行T5 EVO	汽油	SUV	A	249.1
163	东风柳州汽车有限公司	风行T5L	汽油	SUV	B	290.5

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
164	东风柳州汽车有限公司	景逸S50	纯电动	轿车	A	167.7
165	东风柳州汽车有限公司	菱智	纯电动	MPV	B	198.7
166	东风柳州汽车有限公司	菱智	汽油	MPV	B	330.8
167	东风汽车集团股份有限公司乘用车公司	风神AX7	汽油	SUV	A	280.2
168	东风汽车集团股份有限公司乘用车公司	奕炫	汽油	轿车	A	233.2
169	东风汽车集团股份有限公司乘用车公司	奕炫GS	汽油	SUV	A	244.4
170	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	劲客	汽油	SUV	A0	213.7
171	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	蓝鸟	汽油	轿车	A	201.2
172	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	楼兰	汽油	SUV	B	306.0
173	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	楼兰	常规混合动力	SUV	B	318.5
174	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	奇骏	汽油	SUV	A	283.0
175	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	骐达	汽油	轿车	A	201.3
176	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	启辰D60	汽油	轿车	A	212.7
177	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	启辰D60	纯电动	轿车	A	156.8
178	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	启辰T60	纯电动	SUV	A	174.5
179	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	启辰T60	汽油	SUV	A	232.5
180	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	启辰T90	汽油	SUV	B	244.2
181	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	天籁	汽油	轿车	B	249.9
182	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	逍客	汽油	SUV	A	234.7
183	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	星	汽油	SUV	A	252.1
184	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	轩逸	纯电动	轿车	A	151.4
185	东风汽车有限公司东风日产乘用车公司	轩逸	汽油	轿车	A	222.4
186	东风小康汽车有限公司	东风小康C36	纯电动	交叉型乘用车	-	182.2
187	东风小康汽车有限公司	东风小康C36	汽油	交叉型乘用车	-	256.8
188	东风小康汽车有限公司	东风小康K07S	汽油	交叉型乘用车	-	226.1
189	东风小康汽车有限公司	风光	汽油	MPV	A0	259.5
190	东风小康汽车有限公司	风光370	汽油	MPV	A0	244.4
191	东风小康汽车有限公司	风光500	汽油	SUV	A	252.5
192	东风小康汽车有限公司	风光580	插电式混合动力	SUV	B	210.2
193	东风小康汽车有限公司	风光580	汽油	SUV	B	278.5

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
194	东风小康汽车有限公司	风光E1	纯电动	轿车	A00	112.3
195	东风小康汽车有限公司	风光ix5	汽油	SUV	B	316.5
196	东风小康汽车有限公司	风光ix7	汽油	SUV	B	342.5
197	东风小康汽车有限公司	风光S560	汽油	SUV	A	272.4
198	东风英菲尼迪汽车有限公司	英菲尼迪Q50L	汽油	轿车	B	285.1
199	东风英菲尼迪汽车有限公司	英菲尼迪QX50	汽油	SUV	B	307.2
200	东风悦达起亚汽车有限公司	福瑞迪	汽油	轿车	A	218.4
201	东风悦达起亚汽车有限公司	焕驰	汽油	轿车	A0	205.4
202	东风悦达起亚汽车有限公司	凯酷	汽油	轿车	B	258.3
203	东风悦达起亚汽车有限公司	凯绅	汽油	轿车	B	256.9
204	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K2	汽油	轿车	A0	209.7
205	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K3	汽油	轿车	A	228.1
206	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K3	纯电动	轿车	A	161.0
207	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K3	插电式混合动力	轿车	A	169.6
208	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K5	插电式混合动力	轿车	B	184.4
209	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚K5	汽油	轿车	B	300.0
210	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚KX Cross	汽油	轿车	A0	228.5
211	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚KX3	汽油	SUV	A0	260.4
212	东风悦达起亚汽车有限公司	起亚KX5	汽油	SUV	A	276.1
213	东风悦达起亚汽车有限公司	奕跑	汽油	SUV	A0	218.3
214	东风悦达起亚汽车有限公司	智跑	汽油	SUV	A	280.5
215	东南(福建)汽车工业有限公司	A5翼舞	汽油	轿车	A	248.1
216	东南(福建)汽车工业有限公司	东南DX3	纯电动	SUV	A0	167.7
217	东南(福建)汽车工业有限公司	东南DX3	汽油	SUV	A0	270.3
218	东南(福建)汽车工业有限公司	东南DX5	汽油	SUV	A	270.3
219	东南(福建)汽车工业有限公司	东南DX7	汽油	SUV	A	304.5
220	福建奔驰汽车有限公司	奔驰V级	汽油	MPV	B	357.2
221	福建奔驰汽车有限公司	威霆	汽油	MPV	B	344.6
222	观致汽车有限公司	观致3	汽油	轿车	A	244.5
223	观致汽车有限公司	观致5	汽油	SUV	A	281.3

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
224	观致汽车有限公司	观致7	汽油	SUV	A	266.0
225	广汽本田汽车有限公司	奥德赛	常规混合动力	MPV	A	240.7
226	广汽本田汽车有限公司	奥德赛	汽油	MPV	A	300.2
227	广汽本田汽车有限公司	缤智	汽油	SUV	A0	241.2
228	广汽本田汽车有限公司	飞度	汽油	轿车	A0	202.6
229	广汽本田汽车有限公司	冠道	汽油	SUV	B	321.2
230	广汽本田汽车有限公司	皓影	常规混合动力	SUV	A	213.1
231	广汽本田汽车有限公司	皓影	汽油	SUV	A	272.6
232	广汽本田汽车有限公司	理念VE1	纯电动	SUV	A0	182.6
233	广汽本田汽车有限公司	凌派	汽油	轿车	A	233.4
234	广汽本田汽车有限公司	凌派	常规混合动力	轿车	A	170.8
235	广汽本田汽车有限公司	讴歌CDX	常规混合动力	SUV	A	206.2
236	广汽本田汽车有限公司	讴歌CDX	汽油	SUV	A	266.3
237	广汽本田汽车有限公司	讴歌RDX	汽油	SUV	B	328.6
238	广汽本田汽车有限公司	世锐	插电式混合动力	SUV	A	185.7
239	广汽本田汽车有限公司	雅阁	常规混合动力	轿车	B	189.8
240	广汽本田汽车有限公司	雅阁	汽油	轿车	B	280.3
241	广汽埃安新能源汽车有限公司	传祺AION LX	纯电动	SUV	B	224.3
242	广汽埃安新能源汽车有限公司	传祺AION V	纯电动	SUV	B	196.7
243	广汽埃安新能源汽车有限公司	传祺AION.S	纯电动	轿车	B	165.1
244	广汽乘用车有限公司	传祺GA6	汽油	轿车	B	240.1
245	广汽乘用车有限公司	传祺GM6	汽油	MPV	A	280.0
246	广汽乘用车有限公司	传祺GM8	汽油	MPV	B	304.6
247	广汽乘用车有限公司	传祺GS3	汽油	SUV	A0	231.6
248	广汽乘用车有限公司	传祺GS4	汽油	SUV	A	244.2
249	广汽乘用车有限公司	传祺GS4	插电式混合动力	SUV	A	182.7
250	广汽乘用车有限公司	传祺GS4 Coupe	汽油	SUV	A	247.3
251	广汽乘用车有限公司	传祺GS8	汽油	SUV	B	318.7
252	广汽乘用车有限公司	传祺GS8 S	汽油	SUV	B	289.8
253	广汽菲亚特克莱斯勒汽车有限公司	大指挥官	汽油	SUV	B	328.3

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
254	广汽菲亚特克莱斯勒汽车有限公司	指挥官	插电式混合动力	SUV	B	245.2
255	广汽菲亚特克莱斯勒汽车有限公司	指挥官	汽油	SUV	B	326.3
256	广汽菲亚特克莱斯勒汽车有限公司	指南者	汽油	SUV	A	311.4
257	广汽菲亚特克莱斯勒汽车有限公司	自由侠	汽油	SUV	A0	307.5
258	广汽丰田汽车有限公司	丰田C-HR	纯电动	SUV	A	165.7
259	广汽丰田汽车有限公司	丰田C-HR	汽油	SUV	A	221.9
260	广汽丰田汽车有限公司	广汽iA5	纯电动	轿车	B	165.1
261	广汽丰田汽车有限公司	汉兰达	汽油	SUV	B	334.3
262	广汽丰田汽车有限公司	凯美瑞	常规混合动力	轿车	B	181.2
263	广汽丰田汽车有限公司	凯美瑞	汽油	轿车	B	234.2
264	广汽丰田汽车有限公司	雷凌	汽油	轿车	A	218.8
265	广汽丰田汽车有限公司	雷凌	插电式混合动力	轿车	A	162.2
266	广汽丰田汽车有限公司	雷凌	常规混合动力	轿车	A	174.6
267	广汽丰田汽车有限公司	威兰达	常规混合动力	SUV	A	208.0
268	广汽丰田汽车有限公司	威兰达	汽油	SUV	A	247.8
269	广汽丰田汽车有限公司	致享	汽油	轿车	A0	192.0
270	广汽丰田汽车有限公司	致炫	汽油	轿车	A0	194.9
271	广汽三菱汽车有限公司	劲炫ASX	汽油	SUV	A	269.7
272	广汽三菱汽车有限公司	欧蓝德	汽油	SUV	A	295.6
273	广汽三菱汽车有限公司	祺智EV	纯电动	SUV	A0	172.6
274	广汽三菱汽车有限公司	奕歌	汽油	SUV	A	286.0
275	广汽蔚来新能源汽车科技有限公司	合创007	纯电动	SUV	B	217.8
276	广州小鹏汽车科技有限公司	小鹏G3	纯电动	SUV	A0	175.3
277	广州小鹏汽车科技有限公司	小鹏P7	纯电动	轿车	C	208.9
278	华晨宝马汽车有限公司	宝马1系	汽油	轿车	A	245.8
279	华晨宝马汽车有限公司	宝马3系	汽油	轿车	B	271.6
280	华晨宝马汽车有限公司	宝马5系	插电式混合动力	轿车	C	246.8
281	华晨宝马汽车有限公司	宝马5系	汽油	轿车	C	295.3
282	华晨宝马汽车有限公司	宝马iX3	纯电动	SUV	B	212.2
283	华晨宝马汽车有限公司	宝马X1	插电式混合动力	SUV	A	249.2

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
284	华晨宝马汽车有限公司	宝马X1	汽油	SUV	A	279.9
285	华晨宝马汽车有限公司	宝马X2	汽油	SUV	A	255.6
286	华晨宝马汽车有限公司	宝马X3	汽油	SUV	B	304.1
287	华晨雷诺金杯汽车有限公司	阁瑞斯	汽油	MPV	B	408.8
288	华晨雷诺金杯汽车有限公司	华颂7	汽油	MPV	B	355.4
289	华晨鑫源重庆汽车有限公司	斯威G01	汽油	SUV	A	286.0
290	华晨鑫源重庆汽车有限公司	斯威G05	汽油	SUV	A	293.6
291	华晨鑫源重庆汽车有限公司	斯威X3	汽油	SUV	A	267.3
292	华晨鑫源重庆汽车有限公司	斯威X7	汽油	SUV	B	294.5
293	华晨鑫源重庆汽车有限公司	小海狮X30	纯电动	交叉型乘用车	-	144.7
294	华晨鑫源重庆汽车有限公司	小海狮X30	汽油	交叉型乘用车	-	239.8
295	华晨鑫源重庆汽车有限公司	小海狮X30L	纯电动	交叉型乘用车	-	178.5
296	华晨鑫源重庆汽车有限公司	小海狮X30L	汽油	交叉型乘用车	-	264.1
297	江淮大众汽车有限公司	思皓E20X	纯电动	SUV	A0	167.0
298	江淮大众汽车有限公司	思皓X8	汽油	SUV	B	294.5
299	江铃汽车股份有限公司	撼路者	汽油	SUV	B	377.9
300	江铃汽车股份有限公司	领界	纯电动	SUV	A	178.5
301	江铃汽车股份有限公司	领界	汽油	SUV	A	254.2
302	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	发现神行	汽油	SUV	A	319.7
303	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	发现运动版	汽油	SUV	A	297.9
304	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	捷豹E-PACE	汽油	SUV	A	293.6
305	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	捷豹XEL	汽油	轿车	B	258.6
306	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	捷豹XFL	汽油	轿车	C	322.5
307	奇瑞捷豹路虎汽车有限公司	揽胜极光	汽油	SUV	A	303.0
308	奇瑞汽车股份有限公司	艾瑞泽5 PLUS	汽油	轿车	A	250.1
309	奇瑞汽车股份有限公司	艾瑞泽5e	纯电动	轿车	A	168.3
310	奇瑞汽车股份有限公司	艾瑞泽EX	汽油	轿车	A	257.8
311	奇瑞汽车股份有限公司	艾瑞泽GX	汽油	轿车	A	257.5
312	奇瑞汽车股份有限公司	捷途X70	汽油	SUV	A	296.3
313	奇瑞汽车股份有限公司	捷途X70M	汽油	SUV	A	276.0

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
314	奇瑞汽车股份有限公司	捷途X70S	纯电动	SUV	A	168.5
315	奇瑞汽车股份有限公司	捷途X90	汽油	SUV	B	299.5
316	奇瑞汽车股份有限公司	捷途X95	汽油	SUV	B	296.9
317	奇瑞汽车股份有限公司	蚂蚁	纯电动	SUV	B	187.7
318	奇瑞汽车股份有限公司	奇瑞eQ1	纯电动	轿车	A00	126.7
319	奇瑞汽车股份有限公司	奇瑞eQ2	纯电动	轿车	A0	147.7
320	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎3	汽油	SUV	A0	271.8
321	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎3X	汽油	SUV	A0	247.3
322	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎5X	汽油	SUV	A	246.2
323	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎7	汽油	SUV	A	255.2
324	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎8	汽油	SUV	A	273.3
325	奇瑞汽车股份有限公司	瑞虎E	纯电动	SUV	A	168.7
326	奇瑞汽车股份有限公司	星途LX	汽油	SUV	A	255.0
327	奇瑞汽车股份有限公司	星途TX	汽油	SUV	A	282.7
328	奇瑞汽车股份有限公司	星途TXL	汽油	SUV	B	284.0
329	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MARVEL R	纯电动	SUV	B	177.7
330	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG HS	插电式混合动力	SUV	A	213.1
331	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG HS	汽油	SUV	A	312.4
332	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG ZS	纯电动	SUV	A0	157.4
333	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG ZS	汽油	SUV	A0	240.6
334	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG5	汽油	轿车	A	239.7
335	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG6	插电式混合动力	轿车	A	168.2
336	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	MG6	汽油	轿车	A	274.7
337	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	领航	汽油	SUV	A	313.0
338	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威e950	插电式混合动力	轿车	B	204.0
339	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威Ei5	纯电动	轿车	A	166.3
340	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威ei6	插电式混合动力	轿车	A	160.5
341	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威ei6 MAX	插电式混合动力	轿车	A	167.7
342	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威ER6	纯电动	轿车	A	175.4
343	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威eRX5	插电式混合动力	SUV	A	204.7

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
344	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威ERX5 EV	纯电动	SUV	A	166.0
345	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威i5	汽油	轿车	A	213.5
346	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威i6	汽油	轿车	A	220.7
347	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威i6 MAX	汽油	轿车	A	220.7
348	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威iMAX8	汽油	MPV	B	315.9
349	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威RX3	汽油	SUV	A	240.3
350	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威RX5	汽油	SUV	A	308.2
351	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威RX5 eMAX	插电式混合动力	SUV	A	223.6
352	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威RX5 MAX	汽油	SUV	A	323.6
353	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	荣威RX8	汽油	SUV	B	364.1
354	上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司	上汽Clever	纯电动	轿车	A00	108.7
355	上海蔚来汽车有限公司	蔚来EC6	纯电动	SUV	B	233.4
356	上海蔚来汽车有限公司	蔚来ES6	纯电动	SUV	B	239.0
357	上海蔚来汽车有限公司	蔚来ES8	纯电动	SUV	C	250.1
358	上汽大通汽车有限公司	上汽大通D60	汽油	SUV	B	274.6
359	上汽大通汽车有限公司	上汽大通D90	柴油	SUV	C	349.2
360	上汽大通汽车有限公司	上汽大通EUNIQ 5	纯电动	MPV	A	178.3
361	上汽大通汽车有限公司	上汽大通EUNIQ 5	插电式混合动力	MPV	A	207.7
362	上汽大通汽车有限公司	上汽大通G10	柴油	MPV	B	337.6
363	上汽大通汽车有限公司	上汽大通G20	柴油	MPV	B	332.2
364	上汽大通汽车有限公司	上汽大通G20	汽油	MPV	B	354.5
365	上汽大通汽车有限公司	上汽大通G50	汽油	MPV	A	274.8
366	上汽大众汽车有限公司	大众Polo	汽油	轿车	A0	218.7
367	上汽大众汽车有限公司	辉昂	汽油	轿车	C	338.0
368	上汽大众汽车有限公司	柯珞克	汽油	SUV	A	225.7
369	上汽大众汽车有限公司	柯米克	汽油	SUV	A	229.9
370	上汽大众汽车有限公司	柯米克GT	汽油	SUV	A	224.1
371	上汽大众汽车有限公司	朗逸	纯电动	轿车	A	157.0
372	上汽大众汽车有限公司	朗逸	汽油	轿车	A	246.5
373	上汽大众汽车有限公司	凌渡	汽油	轿车	A	222.3

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
374	上汽大众汽车有限公司	明锐	汽油	轿车	A	235.2
375	上汽大众汽车有限公司	明锐旅行车	汽油	轿车	A	221.0
376	上汽大众汽车有限公司	帕萨特	插电式混合动力	轿车	B	206.9
377	上汽大众汽车有限公司	桑塔纳浩纳	汽油	轿车	A	223.2
378	上汽大众汽车有限公司	桑塔纳尚纳	汽油	轿车	A	220.0
379	上汽大众汽车有限公司	速派	汽油	轿车	B	259.8
380	上汽大众汽车有限公司	途安	汽油	MPV	A	263.7
381	上汽大众汽车有限公司	途昂	汽油	SUV	C	370.2
382	上汽大众汽车有限公司	途观L	插电式混合动力	SUV	A	227.6
383	上汽大众汽车有限公司	途观L	汽油	SUV	A	268.6
384	上汽大众汽车有限公司	途观X	汽油	SUV	B	285.9
385	上汽大众汽车有限公司	途铠	汽油	SUV	A	218.6
386	上汽大众汽车有限公司	途岳	汽油	SUV	A	262.0
387	上汽大众汽车有限公司	威然	汽油	MPV	B	314.3
388	上汽大众汽车有限公司	昕动	汽油	轿车	A	223.2
389	上汽大众汽车有限公司	昕锐	汽油	轿车	A	223.2
390	上汽通用汽车有限公司	昂科拉	汽油	SUV	A0	264.7
391	上汽通用汽车有限公司	昂科拉GX	汽油	SUV	A	246.2
392	上汽通用汽车有限公司	昂科旗	汽油	SUV	B	310.3
393	上汽通用汽车有限公司	昂科威	汽油	SUV	A	321.1
394	上汽通用汽车有限公司	昂科威S	汽油	SUV	B	292.2
395	上汽通用汽车有限公司	别克GL6	汽油	MPV	A	247.3
396	上汽通用汽车有限公司	别克GL8	汽油	MPV	B	391.6
397	上汽通用汽车有限公司	别克Velite 6	纯电动	轿车	A	162.4
398	上汽通用汽车有限公司	别克Velite 6	插电式混合动力	轿车	A	182.6
399	上汽通用汽车有限公司	别克Velite 7	纯电动	SUV	A	169.6
400	上汽通用汽车有限公司	畅巡	纯电动	轿车	A	165.9
401	上汽通用汽车有限公司	创界	汽油	SUV	A	249.0
402	上汽通用汽车有限公司	创酷	汽油	SUV	A0	275.5
403	上汽通用汽车有限公司	君威	汽油	轿车	B	296.3

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
404	上汽通用汽车有限公司	君越	汽油	轿车	B	280.1
405	上汽通用汽车有限公司	开拓者	汽油	SUV	B	302.8
406	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克CT4	汽油	轿车	B	254.5
407	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克CT5	汽油	轿车	C	271.2
408	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克CT6	汽油	轿车	C	341.8
409	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克XT4	汽油	SUV	B	285.6
410	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克XT5	汽油	SUV	B	321.4
411	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克XT6	汽油	SUV	B	313.9
412	上汽通用汽车有限公司	凯迪拉克XTS	汽油	轿车	C	319.7
413	上汽通用汽车有限公司	凯越	汽油	轿车	A	265.9
414	上汽通用汽车有限公司	科鲁泽	汽油	轿车	A	218.8
415	上汽通用汽车有限公司	科沃兹	汽油	轿车	A	214.3
416	上汽通用汽车有限公司	迈锐宝XL	汽油	轿车	B	251.0
417	上汽通用汽车有限公司	探界者	汽油	SUV	A	303.5
418	上汽通用汽车有限公司	威朗	汽油	轿车	A	231.2
419	上汽通用汽车有限公司	沃兰多	汽油	轿车	B	249.9
420	上汽通用汽车有限公司	英朗GT	汽油	轿车	A	224.0
421	上汽通用汽车有限公司	阅朗	汽油	轿车	A	219.4
422	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏310	汽油	轿车	A0	211.7
423	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏310W	汽油	轿车	A	240.6
424	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏360	汽油	MPV	A	262.5
425	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏510	汽油	SUV	A0	239.6
426	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏530	汽油	SUV	A	288.8
427	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏730	汽油	MPV	A0	289.6
428	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏E100	纯电动	轿车	A00	106.0
429	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏E200	纯电动	轿车	A00	106.7
430	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏E300	纯电动	轿车	A00	122.7
431	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RC-5	汽油	轿车	A	249.7
432	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RC-5W	汽油	轿车	A	250.0
433	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RC-6	汽油	轿车	B	268.4

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
434	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RM-5	汽油	MPV	A	272.5
435	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RS-3	汽油	SUV	A0	247.7
436	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宝骏RS-5	汽油	SUV	A	292.0
437	上汽通用五菱汽车股份有限公司	宏光mini	纯电动	轿车	A00	89.4
438	上汽通用五菱汽车股份有限公司	凯捷	汽油	MPV	A	292.9
439	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱730	汽油	MPV	A0	249.7
440	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱宏光PLUS	汽油	MPV	A	264.9
441	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱宏光S	汽油	MPV	A0	247.6
442	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱宏光S3	汽油	SUV	B	279.4
443	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱宏光V	汽油	MPV	A0	241.5
444	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱荣光	纯电动	交叉型乘用车	-	163.2
445	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱荣光	汽油	交叉型乘用车	-	256.0
446	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱荣光S	汽油	交叉型乘用车	-	243.5
447	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱荣光V	汽油	MPV	A0	249.0
448	上汽通用五菱汽车股份有限公司	五菱之光	汽油	交叉型乘用车	-	220.2
449	神龙汽车有限公司	e爱丽舍	纯电动	轿车	A	143.4
450	神龙汽车有限公司	爱丽舍	汽油	轿车	A	233.4
451	神龙汽车有限公司	标致308	汽油	轿车	A	262.5
452	神龙汽车有限公司	标致4008	汽油	SUV	A	248.2
453	神龙汽车有限公司	标致408	汽油	轿车	A	228.0
454	神龙汽车有限公司	标致5008	汽油	SUV	B	256.5
455	神龙汽车有限公司	标致508L	汽油	轿车	B	237.9
456	神龙汽车有限公司	天逸	插电式混合动力	SUV	A	215.1
457	神龙汽车有限公司	天逸	汽油	SUV	A	256.9
458	神龙汽车有限公司	雪铁龙C3-XR	汽油	SUV	A0	242.3
459	神龙汽车有限公司	雪铁龙C6	汽油	轿车	C	253.0
460	特斯拉(上海)有限公司	特斯拉Model 3	纯电动	轿车	B	182.2
461	威马汽车技术有限公司	威马EX5	纯电动	SUV	A	179.3
462	威马汽车技术有限公司	威马EX6	纯电动	SUV	A	179.8

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
463	潍柴(重庆)汽车有限公司	潍柴U70	汽油	SUV	B	301.5
464	一汽-大众汽车有限公司	奥迪A3	汽油	轿车	A	234.0
465	一汽-大众汽车有限公司	奥迪A4L	汽油	轿车	B	277.8
466	一汽-大众汽车有限公司	奥迪A6L	插电式混合动力	轿车	C	262.8
467	一汽-大众汽车有限公司	奥迪A6L	汽油	轿车	C	340.1
468	一汽-大众汽车有限公司	奥迪Q2L	纯电动	SUV	A0	157.7
469	一汽-大众汽车有限公司	奥迪Q2L	汽油	SUV	A0	229.5
470	一汽-大众汽车有限公司	奥迪Q3	汽油	SUV	A	299.2
471	一汽-大众汽车有限公司	奥迪Q3轿跑	汽油	SUV	A	287.0
472	一汽-大众汽车有限公司	奥迪Q5L	汽油	SUV	B	286.7
473	一汽-大众汽车有限公司	宝来	纯电动	轿车	A	152.4
474	一汽-大众汽车有限公司	宝来	汽油	轿车	A	244.4
475	一汽-大众汽车有限公司	大众CC	汽油	轿车	B	289.1
476	一汽-大众汽车有限公司	高尔夫	纯电动	轿车	A	149.1
477	一汽-大众汽车有限公司	高尔夫	汽油	轿车	A	229.9
478	一汽-大众汽车有限公司	高尔夫嘉旅	汽油	轿车	A	235.7
479	一汽-大众汽车有限公司	捷达VA3	汽油	轿车	A	207.8
480	一汽-大众汽车有限公司	捷达VS5	汽油	SUV	A	247.7
481	一汽-大众汽车有限公司	捷达VS7	汽油	SUV	A	250.2
482	一汽-大众汽车有限公司	迈腾	插电式混合动力	轿车	B	221.0
483	一汽-大众汽车有限公司	迈腾	汽油	轿车	B	300.5
484	一汽-大众汽车有限公司	速腾	汽油	轿车	A	246.7
485	一汽-大众汽车有限公司	探歌	汽油	SUV	A	259.1
486	一汽-大众汽车有限公司	探影	汽油	SUV	A	220.0
487	一汽-大众汽车有限公司	探岳	插电式混合动力	SUV	A	228.1
488	一汽-大众汽车有限公司	探岳	汽油	SUV	A	296.4
489	一汽-大众汽车有限公司	探岳X	汽油	SUV	A	282.3
490	一汽-大众汽车有限公司	蔚领	汽油	轿车	A	235.1
491	一汽丰田汽车销售有限公司	丰田RAV4	常规混合动力	SUV	A	209.3

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
492	一汽丰田汽车销售有限公司	丰田RAV4	汽油	SUV	A	248.3
493	一汽丰田汽车销售有限公司	卡罗拉	汽油	轿车	A	230.1
494	一汽丰田汽车销售有限公司	卡罗拉	插电式混合动力	轿车	A	162.2
495	一汽丰田汽车销售有限公司	卡罗拉	常规混合动力	轿车	A	173.9
496	一汽丰田汽车销售有限公司	威驰	汽油	轿车	A0	202.0
497	一汽丰田汽车销售有限公司	威驰FS	汽油	轿车	A0	198.3
498	一汽丰田汽车销售有限公司	亚洲龙	常规混合动力	轿车	B	188.0
499	一汽丰田汽车销售有限公司	亚洲龙	汽油	轿车	B	240.6
500	一汽丰田汽车销售有限公司	奕泽	纯电动	SUV	A	164.3
501	一汽丰田汽车销售有限公司	奕泽	汽油	SUV	A	221.9
502	一汽轿车股份有限公司	奔腾B30	纯电动	轿车	A	160.4
503	一汽轿车股份有限公司	奔腾B70	汽油	轿车	B	302.9
504	一汽轿车股份有限公司	奔腾T33	汽油	SUV	A0	255.9
505	一汽轿车股份有限公司	奔腾T77	汽油	SUV	A	262.1
506	一汽轿车股份有限公司	奔腾T99	汽油	SUV	B	294.5
507	一汽轿车股份有限公司	奔腾X40	纯电动	SUV	A0	179.5
508	一汽轿车股份有限公司	奔腾X40	汽油	SUV	A0	255.1
509	一汽轿车股份有限公司	红旗E-HS3	纯电动	SUV	A	171.5
510	一汽轿车股份有限公司	红旗H5	汽油	轿车	B	267.5
511	一汽轿车股份有限公司	红旗H7	汽油	轿车	C	330.6
512	一汽轿车股份有限公司	红旗H9	汽油	轿车	C	334.0
513	一汽轿车股份有限公司	红旗HS5	汽油	SUV	B	309.9
514	一汽轿车股份有限公司	红旗HS7	汽油	SUV	C	401.5
515	一汽轿车股份有限公司	马自达6阿特兹	汽油	轿车	B	263.7
516	一汽轿车股份有限公司	马自达CX-4	汽油	SUV	A	271.3
517	宜宾凯翼汽车有限公司	凯翼E3	汽油	轿车	A0	245.9
518	宜宾凯翼汽车有限公司	凯翼E5	纯电动	轿车	A	163.9
519	宜宾凯翼汽车有限公司	凯翼X3	汽油	SUV	A0	273.3
520	宜宾凯翼汽车有限公司	凯翼X5	汽油	SUV	A	280.1

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
521	宜宾凯翼汽车有限公司	炫界	汽油	SUV	A	267.3
522	浙江合众新能源汽车有限公司	哪吒N01	纯电动	SUV	A0	144.8
523	浙江合众新能源汽车有限公司	哪吒U	纯电动	SUV	A	175.7
524	浙江合众新能源汽车有限公司	哪吒V	纯电动	轿车	A0	129.6
525	浙江吉利控股集团有限公司	缤瑞	汽油	轿车	A	227.8
526	浙江吉利控股集团有限公司	缤越	插电式混合动力	SUV	A0	184.4
527	浙江吉利控股集团有限公司	缤越	汽油	SUV	A0	233.8
528	浙江吉利控股集团有限公司	博瑞GE	插电式混合动力	轿车	B	202.0
529	浙江吉利控股集团有限公司	博瑞GE	汽油	轿车	B	273.1
530	浙江吉利控股集团有限公司	博越	汽油	SUV	A	285.7
531	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪	插电式混合动力	轿车	A	172.7
532	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪	汽油	轿车	A	225.1
533	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪ev	纯电动	轿车	A	165.8
534	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪GL	插电式混合动力	轿车	A	197.0
535	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪GL	汽油	轿车	A	228.4
536	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪GS	汽油	SUV	A	231.2
537	浙江吉利控股集团有限公司	帝豪GSe	纯电动	SUV	A	166.9
538	浙江吉利控股集团有限公司	豪越	汽油	SUV	B	300.0
539	浙江吉利控股集团有限公司	吉利icon	汽油	SUV	A	252.5
540	浙江吉利控股集团有限公司	几何A	纯电动	轿车	A	167.3
541	浙江吉利控股集团有限公司	几何C	纯电动	SUV	A	172.4
542	浙江吉利控股集团有限公司	嘉际	插电式混合动力	MPV	A	202.5
543	浙江吉利控股集团有限公司	嘉际	汽油	MPV	A	276.7
544	浙江吉利控股集团有限公司	领克01	常规混合动力	SUV	A	203.7
545	浙江吉利控股集团有限公司	领克01	插电式混合动力	SUV	A	221.1
546	浙江吉利控股集团有限公司	领克01	汽油	SUV	A	291.4
547	浙江吉利控股集团有限公司	领克02	插电式混合动力	SUV	A	224.3
548	浙江吉利控股集团有限公司	领克02	汽油	SUV	A	264.2
549	浙江吉利控股集团有限公司	领克03	插电式混合动力	轿车	A	206.4

续附表7

Continued Schedule 7

序号	企业名称	车型	燃料种类	车型类别	车型级别	单位行驶里程碳排放 gCO ₂ e/km
550	浙江吉利控股集团有限公司	领克03	汽油	轿车	A	283.1
551	浙江吉利控股集团有限公司	领克05	汽油	SUV	A	292.1
552	浙江吉利控股集团有限公司	领克06	插电式混合动力	SUV	A0	200.1
553	浙江吉利控股集团有限公司	领克06	汽油	SUV	A0	246.5
554	浙江吉利控股集团有限公司	星瑞	汽油	轿车	B	251.7
555	浙江吉利控股集团有限公司	星越	插电式混合动力	SUV	A	197.4
556	浙江吉利控股集团有限公司	星越	汽油	SUV	A	298.9
557	浙江吉利控股集团有限公司	远景	汽油	轿车	A	222.3
558	浙江吉利控股集团有限公司	远景SUV	汽油	SUV	A	255.2
559	浙江吉利控股集团有限公司	远景X3	汽油	SUV	A0	222.5
560	郑州日产汽车有限公司	帅客	纯电动	MPV	A0	182.7
561	郑州日产汽车有限公司	途达	汽油	SUV	B	348.9

注:同一车型名称下,选取单位行驶里程碳排放最大值进行展示。

中国汽车低碳行动计划简介

CHINA AUTOMOBILE LOW CARBON ACTION PLAN (CALCP)

中国汽车低碳行动计划旨在建立完备的汽车生命周期碳排放研究体系,支撑国家碳排放政策标准制定,促进企业低碳技术研发和应用,引领汽车行业向全生命周期碳中和迈进,共筑更高质量、更有效率、更可持续的未来。



电话：022-84379771/84379781

邮箱：sunxin@catarc.ac.cn/zhaomingnan@catarc.ac.cn

地址：天津市东丽区先锋东路 68 号

邮编：300300