



面向碳中和的汽车行业 低碳发展战略与转型路径

中国汽车低碳行动计划（2022）

执行摘要

China Automotive Low Carbon Action 2022

An aerial photograph of a dense green forest with a winding dirt road cutting through it. The road curves from the bottom left towards the top right of the image.

 中汽中心 | 数据
中汽数据有限公司

Automotive Data of China Co., Ltd.

顾问委员会

按姓氏笔画排序

马爱民	王金南	田春秀	刘桂彬
李政	李永红	李俊峰	杨富强
吴丰昌	张希良	贺克斌	柴麒敏
巢清尘	潘家华	戴彦德	



编委会

主任 冯屹

副主任 张鹏 赵冬昶 徐树杰 赵明楠

执行主任 孙铎

委员 按姓氏笔画排序

马翠梅	王若鑫	王震	石丽娜	卢林峰	朱瑾	任悦	任嘉祥	刘牧心
刘春辉	刘树文	刘焕然	刘晶	刘颖昊	孙枝鹏	李建新	李秋苹	李家昂
吴金龙	吴博	宋昌素	张廷	张宇平	张红杰	张妍	张晓玲	张铜柱
陈琨	季长兴	郑馨竺	孟大海	钟绍良	骆曼	莫科凡	夏菖佑	钱冰
徐国强	郭辉	郭德卿	常维	康医飞	梁希	宿睿	韩鹏	雷振鲁
樊平	潘荔	薛兴宇						





作为汽车行业首家工业节能与绿色发展评价中心，中汽数据有限公司（以下简称中汽数据）受有关部门委托，于2018年组织启动中国汽车低碳行动计划（CALCP）相关工作，同年牵头成立世界汽车生命周期联合研究工作组（WALCA）。多年来，中汽数据相继联合联合国环境规划署、世界可持续发展工商理事会、世界资源研究所、世界钢铁协会、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、生态环境部对外合作与交流中心、交通运输部规划研究院、世界经济论坛、中国电力企业联合会、清华大学等国内外30余家知名机构的权威专家共同开展研究。

截至目前，中国汽车低碳行动计划已持续成功开展了五年，已累计核算了1.5万款乘用车和商用车生命周期碳排放情况，覆盖产销量规模上亿辆，相关研究成果被工信部、生态环境部等有关部门采信，得到了汽车行业的高度认可，并被剑桥大学、耶鲁大学、能源基金会等诸多国际知名高校和机构引用，在央视、中国汽车报、中国环境报等主流媒体上公开传播声量超万级。



这是中汽数据有限公司 第五次发布《中国汽车低碳行动计划》研究成果

本研究应用生命周期评价方法，基于中国汽车生命周期数据库（CALCD），使用汽车生命周期评价模型（CALCM）和汽车生命周期评价工具（OBS），以中国工业碳排放信息系统（CICES）为支撑。

首先，对2021年中国境内销售的乘用车、商用车，开展单车、企业和车队全生命周期的碳排放核算。分析和公示中国现阶段汽车产品、企业和行业层面的生命周期碳排放水平。

其次，为促进汽车行业绿色低碳发展，本研究从不同角度提出了电力低碳化转型、车辆电动化转型、燃料脱碳化转型、材料低碳化转型、生产数字化转型、交通智慧化转型、出行共享化转型、资源循环化转型、捕集利用和封存、产品生态化转型这十大路径，分别设置了基准情景、汽车行业2060年前碳中和汽车行业2050年前碳中和三个情景，在此基础上，充分讨论了不同情景下不同路径的碳减排潜力。

最后，基于研究结果和双碳目标下汽车行业面临的国内外挑战，为我国汽车行业低碳发展指出了政策措施和战略要点建议，以期引领汽车行业向碳中和目标迈进，共筑更高质量、更有效率、更可持续的未来。

本研究数据截止时间：2022年4月28日

1

1980—2021年

全球二氧化碳排放量整体呈上升趋势且增幅较大

1980—2021年，全球二氧化碳排放量整体呈上升趋势且增幅较大。2021年同比增加20.4 亿吨二氧化碳排放量，实现了历年来最大增量，同步增长幅度达6%。

数据来源：IEA Global Energy Review, 2021

IPCC通过对过去导致全球气温变化的人为因素和自然因素模拟发现，人类活动对气候变暖的影响起绝对主导作用。若未来温室气体排放量继续上升，气候变化上升的趋势将会进一步加剧。

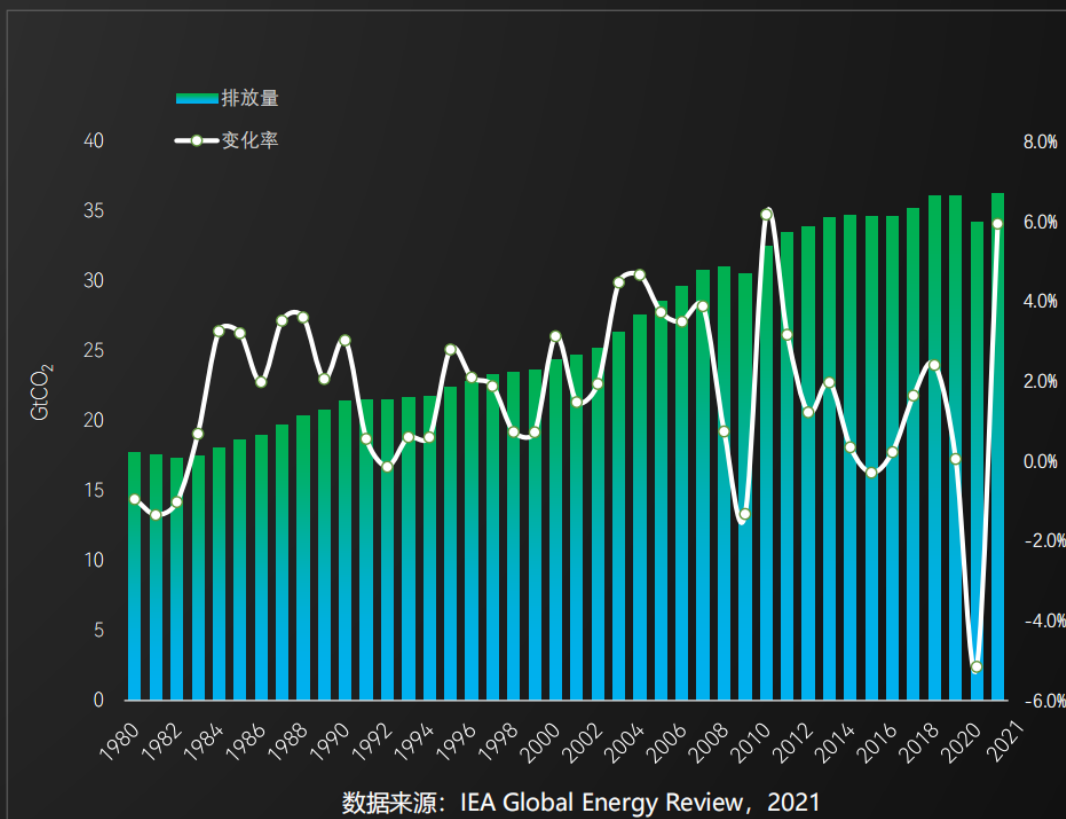
1980—2021年 能源燃烧和工业过程中二 氧化碳排放量的年度变化

注释

1980—2021年，仅有6个年份CO₂排放略微下降，分别为1980—1982年、1992年、2008年、2020年。其中，2020年下降幅度较大，主要由新冠疫情导致。



2021年CO₂排放量超过了新冠疫情前的2019年，完全抵消了疫情带来的减排影响。



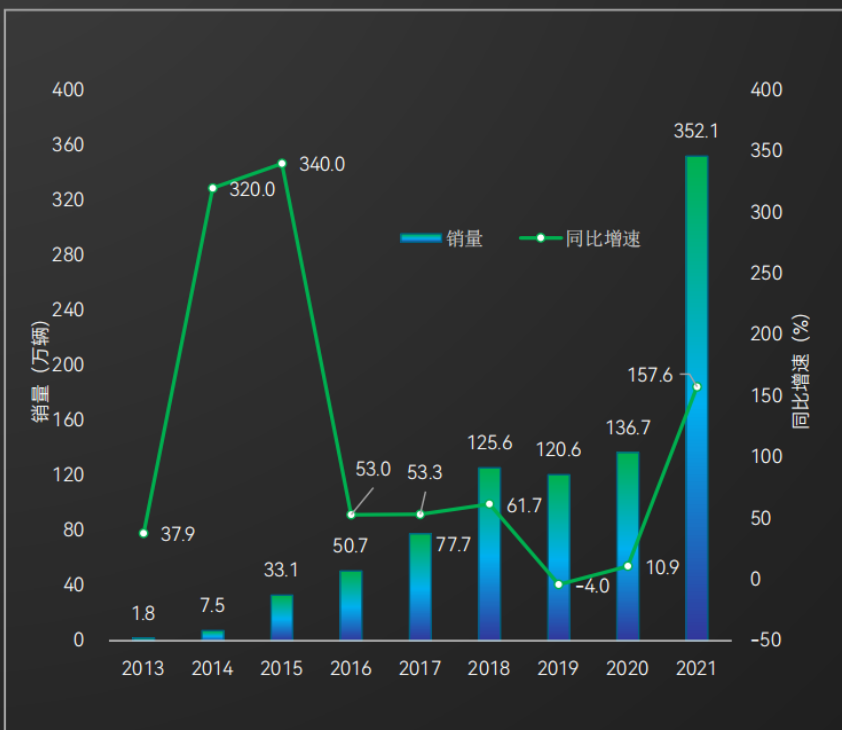


2

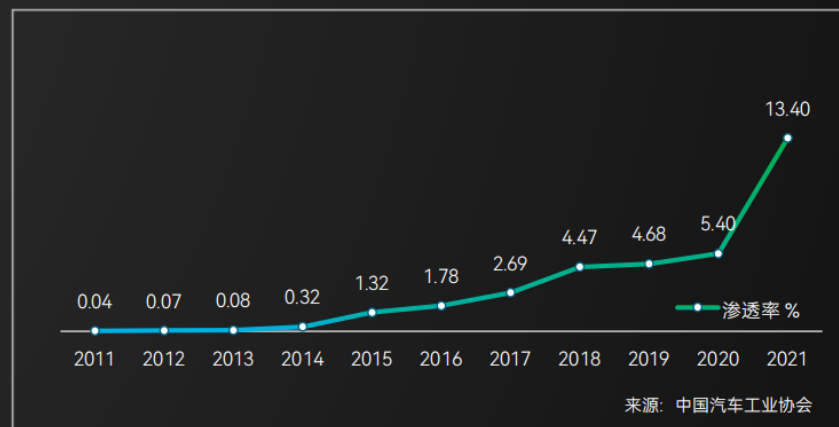
我国电动化转型成效显著 新能源汽车市场渗透率稳步提高 产业规模化速度加快

我国的新能源汽车市场已经从政策驱动转向市场拉动。

我国新能源汽车历年销量情况

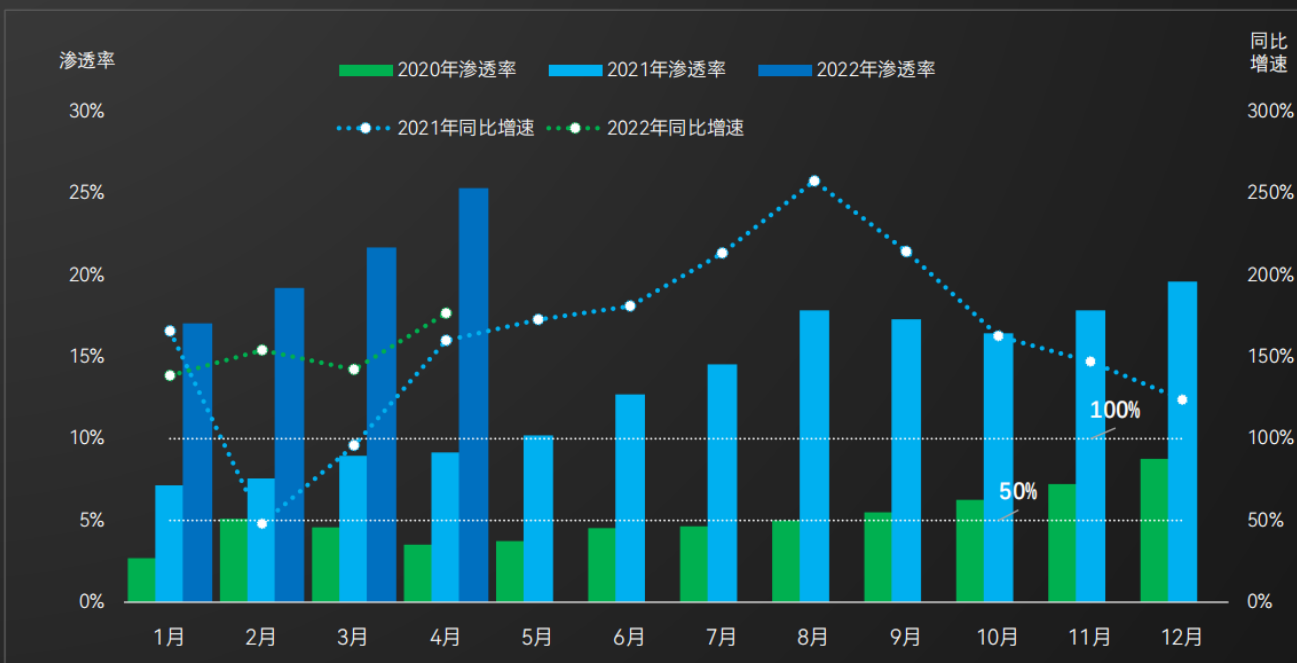


我国新能源汽车历年市场渗透率



2021年我国汽车产销同比呈现增长，结束了2018年以来连续三年的下降局面。新能源汽车成为最大亮点，全年销量超过350万辆，市场占有率提升至13.4%，进一步说明了新能源汽车市场已经从政策驱动转向市场拉动。

2020—2022年（4月）新能源汽车月度渗透率及同比增速



数据来源：中国汽车工业协会



2020—2022年4月，绝大月份市场渗透率劲增，同比增长超100%。2021年9月实现214%的大幅度增长，全年新能源汽车平均市场渗透率为13.4%。2022年再现良好开端，1-4月的市场平均渗透率超过20%。

注释

除1月和2月外，2021年新能源汽车月度市场渗透率均超2020年最高月份市场渗透率。

3 乘用车：纯电动相较于汽油乘用车全生命周期碳减排43.4%

2021年在售乘用车的生命周期平均碳排放量按柴油乘用车、汽油乘用车、常规混乘用车、插电混乘用车、纯电动乘用车的顺序依次降低。

相较于传统能源乘用车，纯电动乘用车具有明显的生命周期碳减排优势，纯电动乘用车相较汽油乘用车全生命周期碳减排43.4%，相较柴油乘用车全生命周期碳减排59.5%。



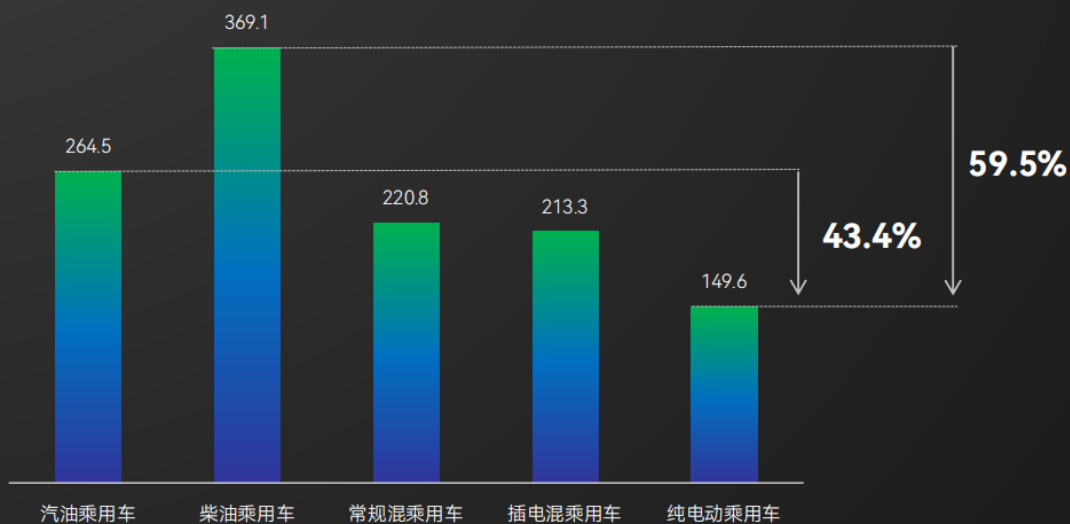
纯电动乘用车 VS 汽油乘用车



纯电动乘用车 VS 柴油乘用车

2021年不同燃料类型乘用车

平均单位行驶里程碳排放gCO₂e/km



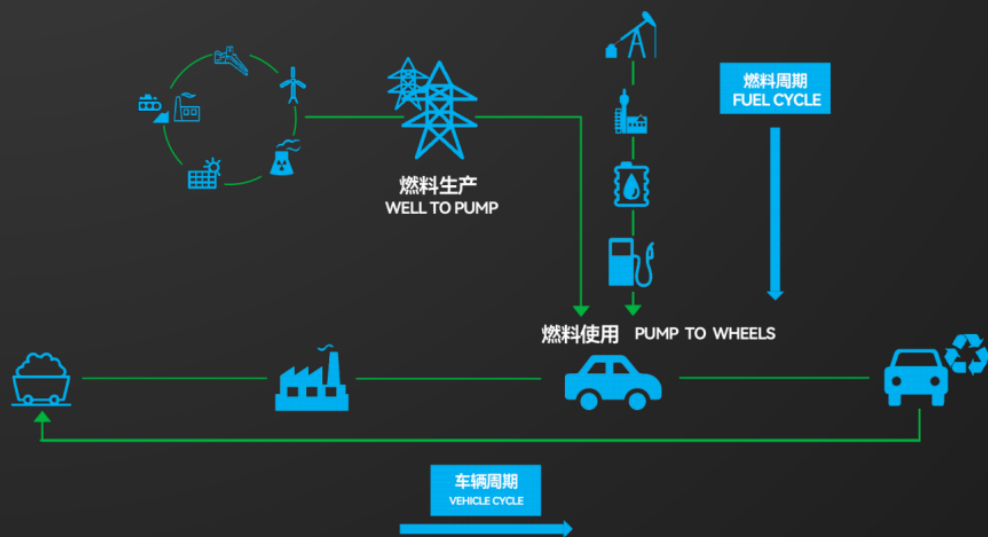
相较于传统能源车，常规混乘用车和插电混乘用车具有一定的碳减排优势，可作为汽车降碳的技术选择。

注释

1. 纳入核算的乘用车来自115家汽车企业，共981款车型，涉及5313款型，占2021年乘用车总销量的98.7%。
2. 各燃料类型乘用车碳排放为销量加权的平均结果，核算对象包括各车辆类型（轿车、SUV、MPV等）和各车型级别（A00、A0、A、B、C等）。

4 乘用车：车辆周期碳排放占比随车型电动化程度加深而逐渐增大

汽车生命周期系统边界



电动化程度：纯电动乘用车 > 插电混乘用车 > 常规混乘用车 > 柴油/汽油乘用车。五种燃料类型的乘用车燃料周期碳排放贡献均大于车辆周期。

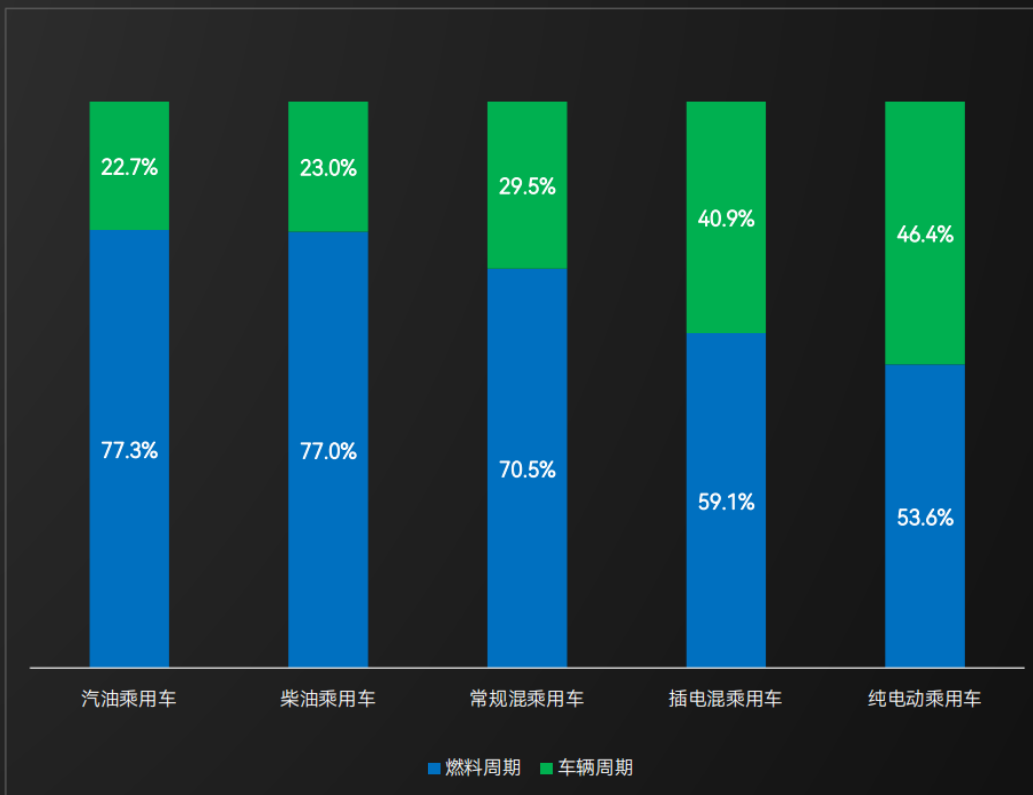
注释：
 车辆周期包括材料生产、整车生产、维修保养（轮胎、铅蓄电池、液体的更换以及制冷剂的逸散）等阶段；
 燃料周期包括燃料的生产和运输（Well to Pump）、燃料的使用阶段（Pump to Wheels）。

不同燃料类型乘用车 生命周期各阶段碳排放占比

随着车型电动化程度的增加，车辆周期碳排放占比逐渐增大，燃料周期逐渐减小。汽油乘用车和柴油乘用车碳排放主要来自燃料周期，占比分别高达77%；而纯电动乘用车燃料周期碳排放占比则减小，车辆周期占比达到46.4%，为传统燃料车的2倍。



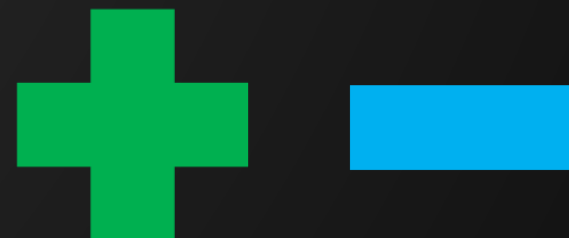
纯电动乘用车的动力蓄电池的材料获取和制造以及车辆使用过程碳排放为零是造成差距的主要原因。



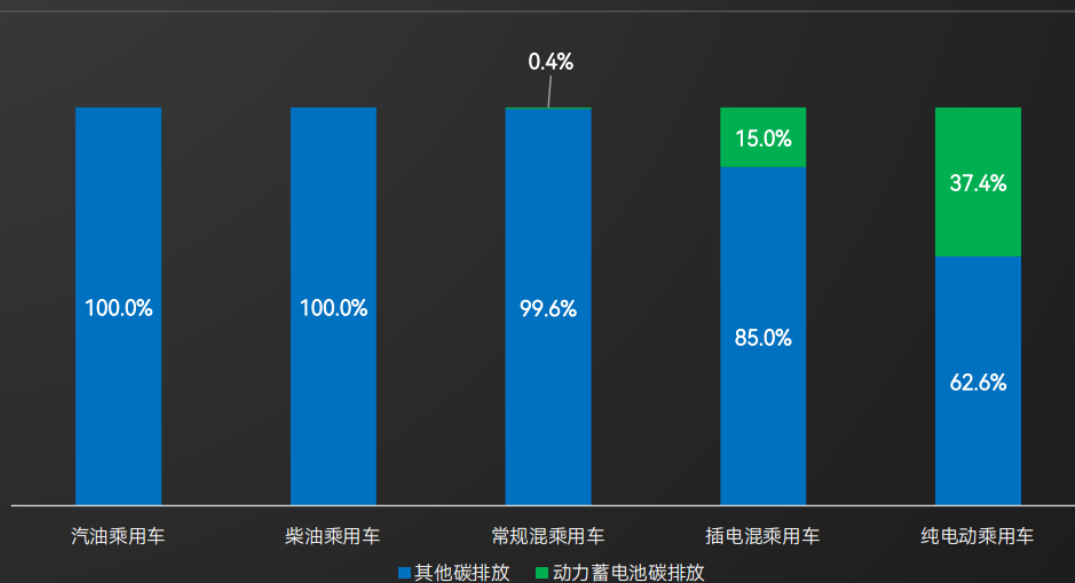
5 乘用车：动力蓄电池碳排放在车辆周期碳排放中的占比随车型电动化程度加深而逐渐增大

纯电动乘用车中，动力蓄电池碳排放在车辆周期碳排放中的占比超过1/3。

以三元镍钴锰酸锂动力蓄电池为例，其碳排放中的约23%来自电解液，约32%来自三元正极材料，约35%来自于电池包壳体中的铝合金。



动力蓄电池碳排在车辆周期碳排放占比



随着车辆电动化程度的增加，动力蓄电池碳排在车辆周期碳排放中的占比逐渐增大，在常规混乘用车中为0.4%，插电混乘用车中为15.0%，纯电动乘用车中为37.4%。

注释：一般而言，常规混乘用车的动力蓄电池能量较小，其对车辆周期碳排放的贡献同样较小。

6 商用车：电动轻货、 基于可再生能源电解 水制氢的氢燃料轻货 有明显的碳排放优势



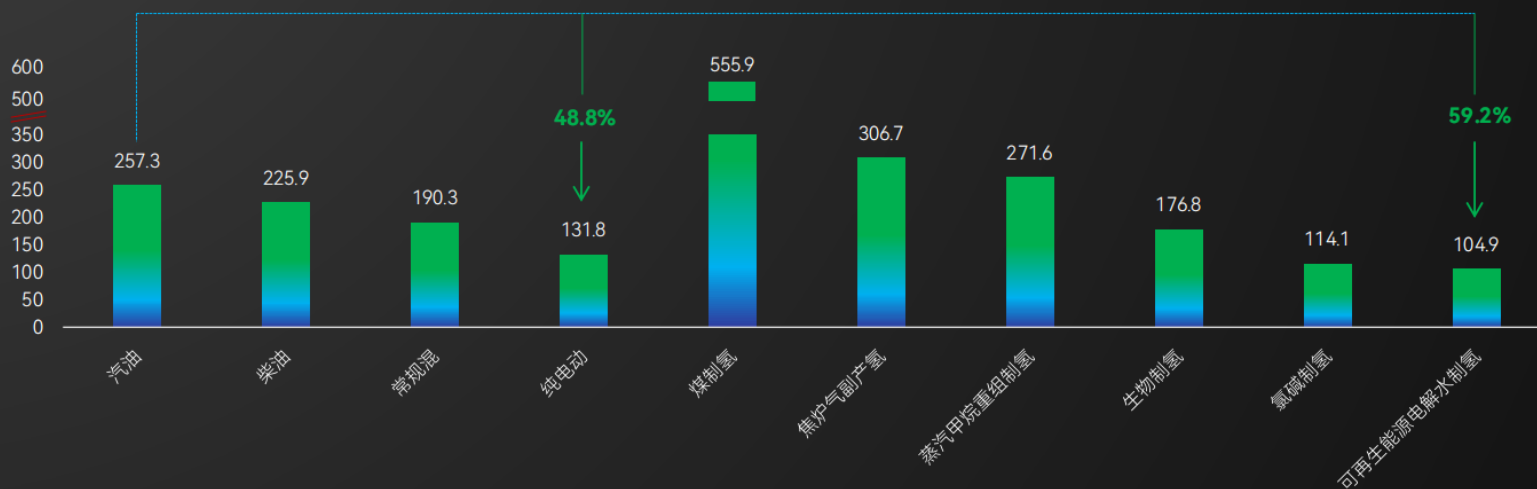
2021年我国各燃料类型轻型货车单位周转量碳排放由大到小为汽油轻货、柴油轻货、常规混轻货、纯电动轻货、氢燃料轻货（可再生能源电解水制氢）。

相较于传统燃油轻货，纯电动轻货与氢燃料轻货（可再生能源电解水制氢）具有明显的生命周期减排优势，相较于汽油车，其生命周期碳排放分别降低48.8%与59.2%。

2021年不同燃料类型轻货单位周转量的碳排放

不同制氢工艺下全生命周期碳排放

gCO₂e/t·km



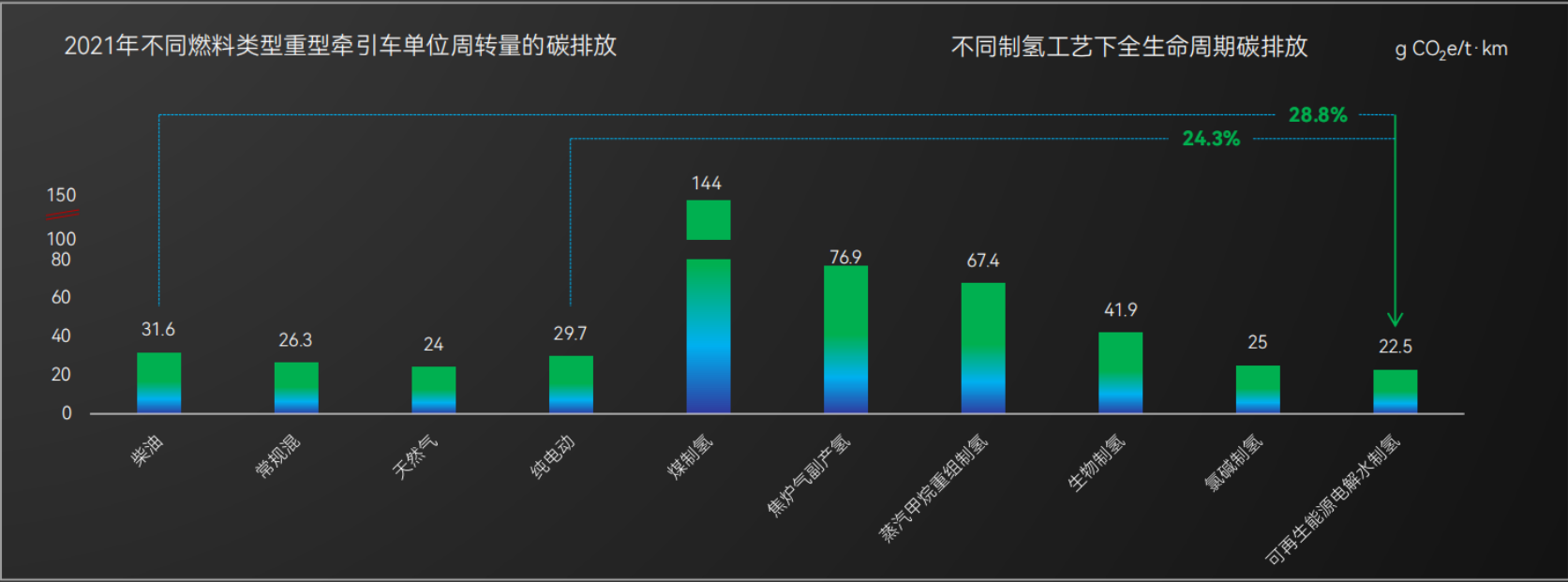
注释：汽油轻货、柴油轻货与纯电动轻货均选自用途、载重相近的实际车型，常规混轻货与氢燃料轻货采用模拟结果。柴油轻货比汽油轻货载重量更大，故碳排放更有优势。

不同制氢工艺下的氢燃料汽车全生命周期碳排放差异巨大，其中氯碱制氢、可再生能源电解水制氢碳排放已低于纯电动，生物制氢碳排放也已低于传统内燃机轻货。

7 商用车：可再生能源 电解水制氢情景下， 氢燃料重型牵引车具 有相对排放优势

2021年我国各燃料类型重型牵引车单位周转量碳排放由大到小为柴油车、纯电动车、常规混合动力车、天然气车、氢燃料车（可再生能源电解水制氢）。

相较于传统柴油车及纯电动车，以可再生能源电解水制氢情景下的氢燃料电池重型牵引车具有明显生命周期减排优势，相较于柴油车及纯电动车，其生命周期碳排放分别下降28.8%及24.3%。



注释：为保证不同车型之间的可比性，重型牵引车的模型选择确保了不同燃料类型之间在整备质量及最大牵引总质量上相对接近的车型。

不同于轻型货车，重型牵引车对动力及续航能力均提出了更高的要求。更重的电池压缩荷载重量，加上更高的百公里电耗，都导致了纯电动车的比较优势减弱。

8

商用车：插电式混合动力和纯电动城市公交车表现良好，氢燃料城市公交车受氢能结构影响大

制氢方式对氢燃料城市公交碳排放影响巨大。

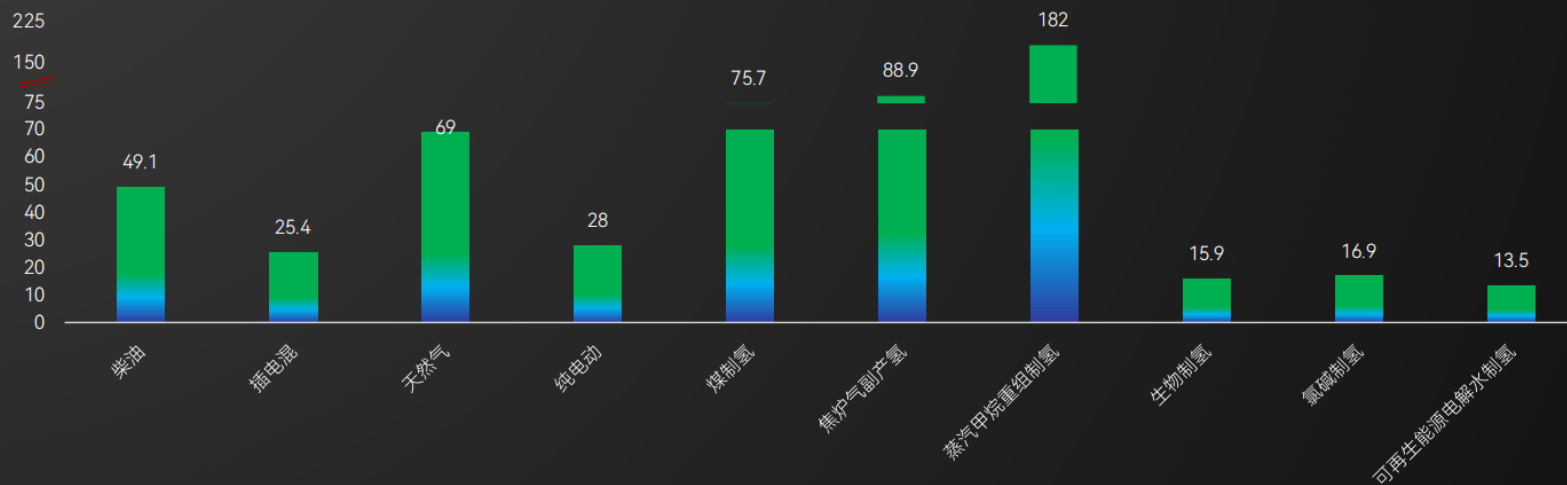


插电式混合动力城市公交车碳排放为25.4gCO₂e/p·km，是较为低碳的车型，纯电动城市公交车碳排放为28.0gCO₂e/p·km，表现较好。
氢燃料城市公交车受氢能结构影响大，在可再生能源电解水制氢方式下，碳排放为13.5gCO₂e/p·km。

2021年不同燃料类型城市公交单位周转量的碳排放

不同制氢工艺下全生命周期碳排放

gCO₂e/p·km



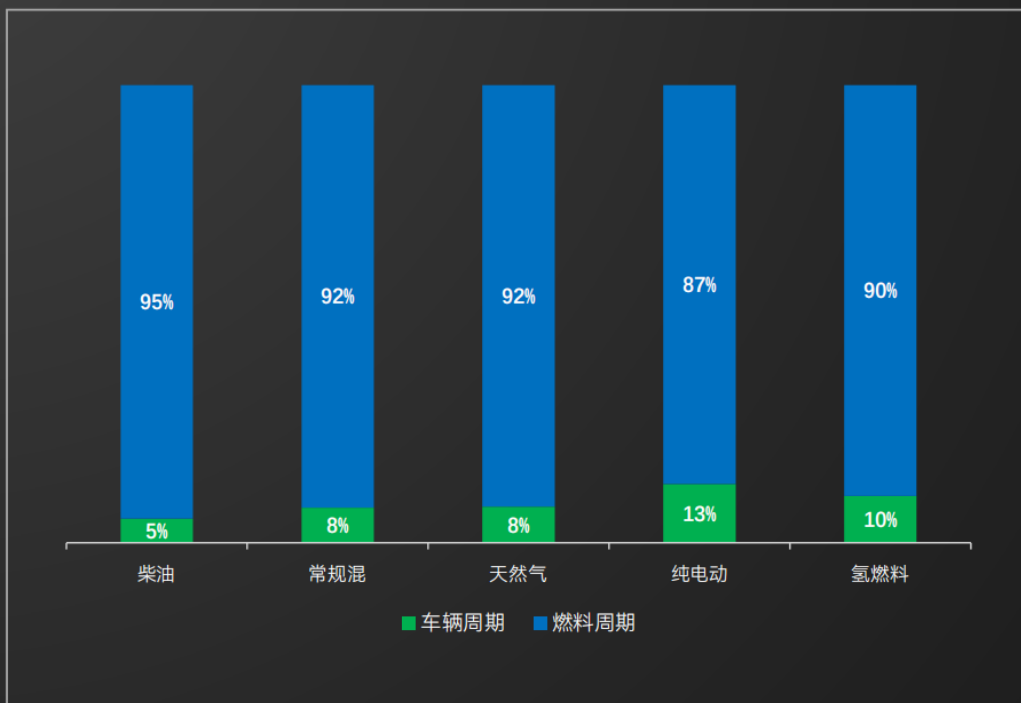
注释：载客数目也是城市公交车全生命周期单位周转量碳排放的重要因素，单车载客量的增加有利降低全生命周期单位周转量碳排放。

🔔 各类型城市公交车碳排放排序：氢燃料 < 插电混 < 纯电动 < 柴油 < 天然气。

9 商用车：重型牵引车 生命周期碳排放主要 来自于燃料周期

燃料周期碳排放主导重型牵引车生命周期单位周转量碳排放，
主要由于重型牵引车其载重大，生命周期行驶里程达700,000
公里。





传统内燃机重型牵引车燃料周期碳排放占全生命周期碳排放高达90%以上，纯电动车燃料周期占比较其它燃料类型稍低。纯电动车和氢燃料车车辆周期碳排放占比大于传统燃料类型车辆，差异在2%~8%。

柴油车、常规混合动力车及天然气车车辆周期占比要小于新能源类型车辆的纯电动车和氢燃料车。

注释：纯电动车车辆周期碳排放占比是柴油车的2倍有余，主要由于动力蓄电池等新能源零部件。

10 汽车车队碳排放持续增长，保有量增长与碳排放尚未脱钩

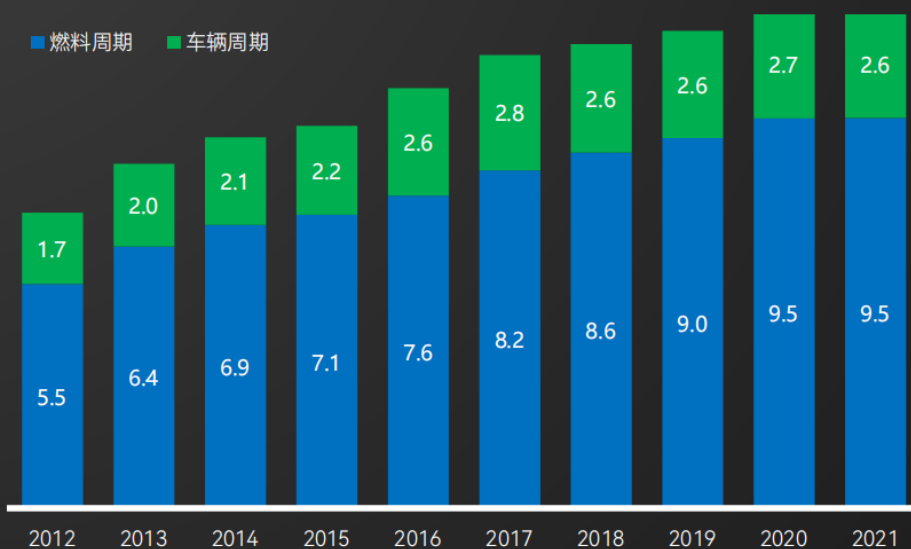
随着我国汽车保有量保持高速增长，汽车行业的碳排放呈逐年上升趋势，主要由燃料周期中燃料的使用过程产生。



中国汽车车队生命周期碳排放

亿吨CO₂e

■ 燃料周期 ■ 车辆周期



2012至2021年，我国汽车车队生命周期碳排放由7亿吨CO₂e增长至12亿吨CO₂e左右，由于燃料周期产生的碳排放由5.5亿吨CO₂e增长至9.5亿吨CO₂e，增长了4亿吨CO₂e。



传统燃油车仍占汽车保有量主导地位，因此由于燃料使用产生的碳排放较高，缓解这一问题需要大力推广新能源汽车。

注释：2018年起汽车销量有所下降，到2021年汽车销量出现反弹。

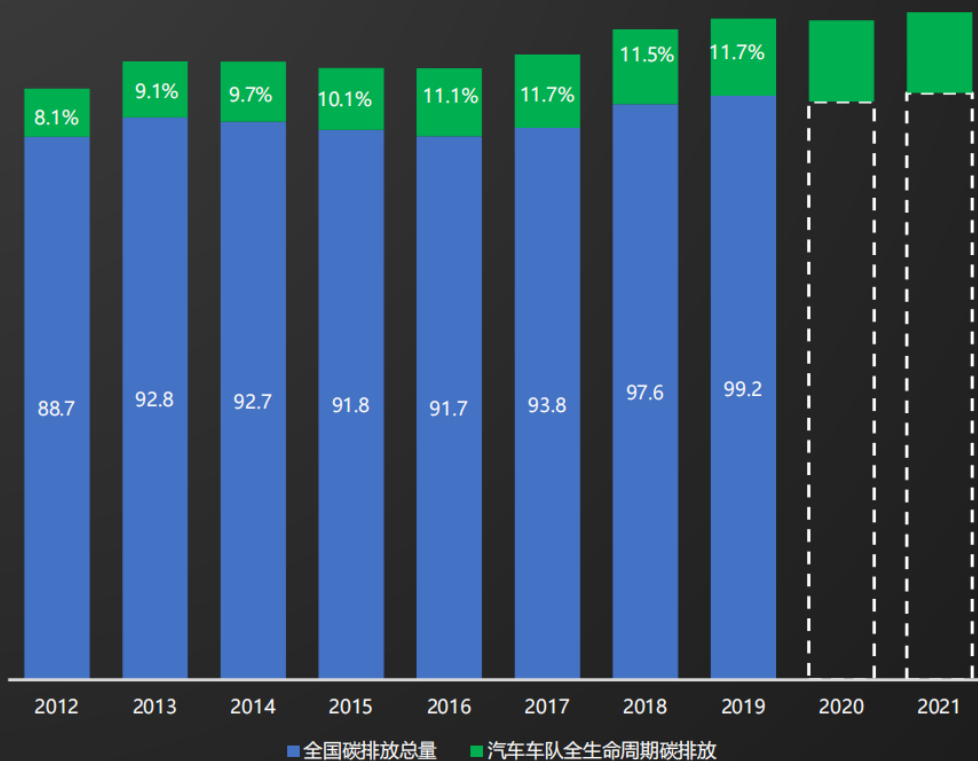
11 我国汽车车队生命周期碳排放 对全国的贡献整体呈上升趋势

2012至2019年，我国汽车车队生命周期碳排放占全国碳排放中的占比由8.1%增长至11.7%左右，总体上呈现上升趋势。



中国汽车车队生命周期碳排放占全国碳排放总量中的占比

亿吨CO₂e



与发达国家相比，我国汽车行业在全国碳排放总量中所占比例仍比较低。汽车行业深度脱碳对于未来我国双碳目标实现的重要性与日俱增。

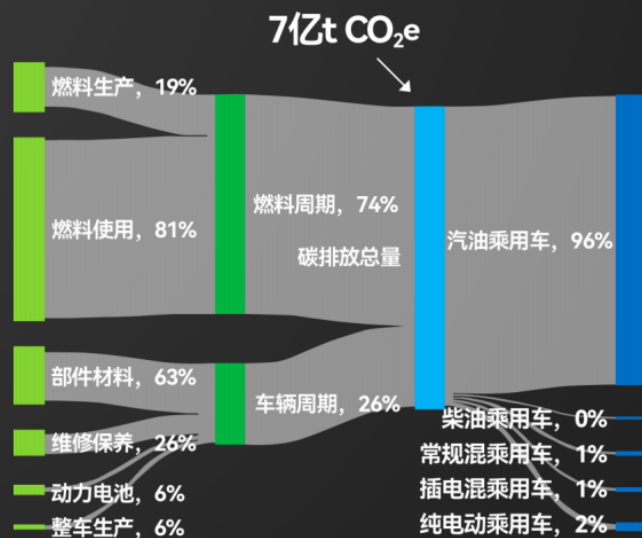
注释：
2012至2019年全国碳排放数据参考IEA统计，2020、2021年数据暂缺。

12 2021年，我国汽车车队 全生命周期碳排放主要来自 燃料周期

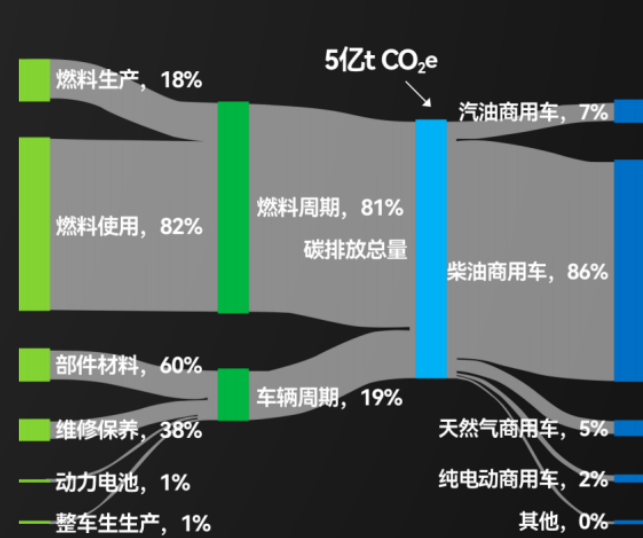
2021年我国汽车车队全生命周期碳排放总量达到12亿 t CO₂e，其中有77%由燃料的生产和使用产生。

2021年我国乘用车车队全生命周期碳排放达7亿t CO₂e, 其中燃料周期占比达74%, 商用车车队全生命周期碳排放达5亿t CO₂e, 其中燃料周期占比达81%。

2021年中国乘用车车队生命周期碳排放构成



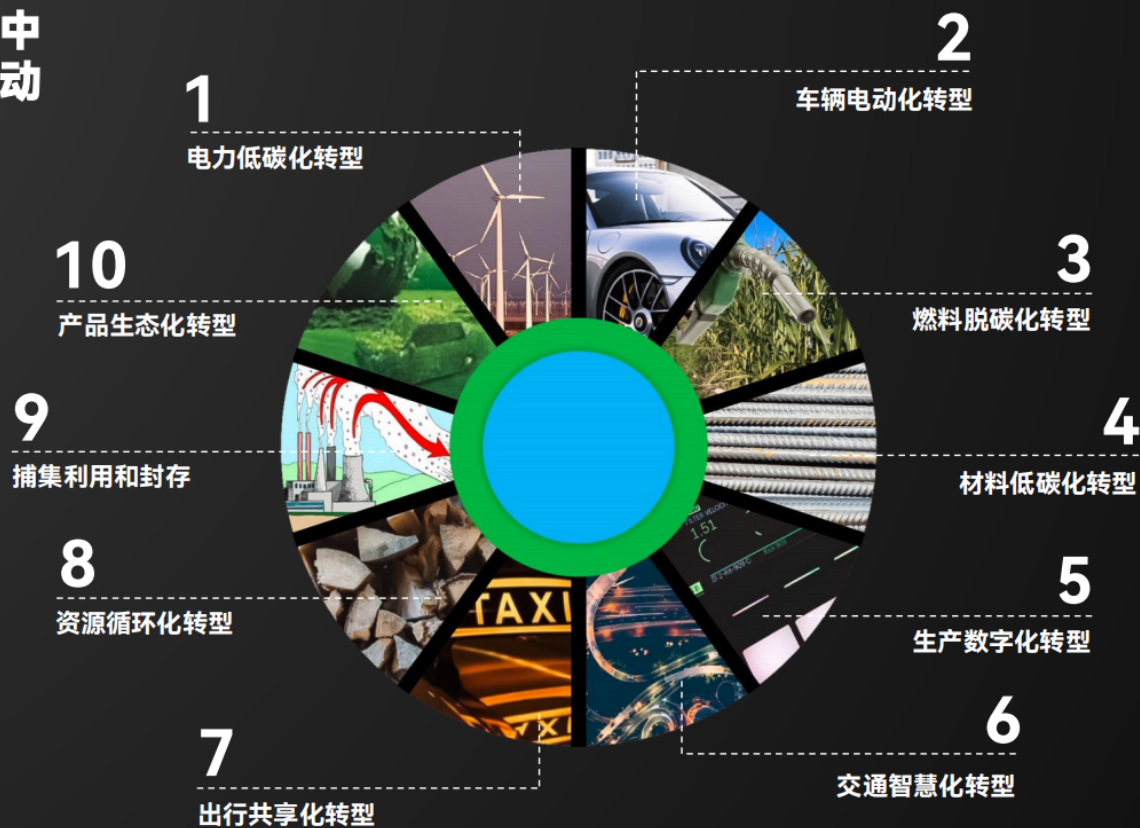
2021年中国商用车车队生命周期碳排放构成



注释：乘用车车队碳排放主要由汽油车产生，占比达到96%；商用车车队碳排放主要由柴油车产生，占比达88%。

🔔 商用车保有量远小于乘用车，但由于商用车行驶里程长、载重大和油耗高等因素，商用车燃料周期碳排放与乘用车相当。

13 提出汽车生命周期碳中和十大转型路径，联动上下游协同降碳



联合撰写机构

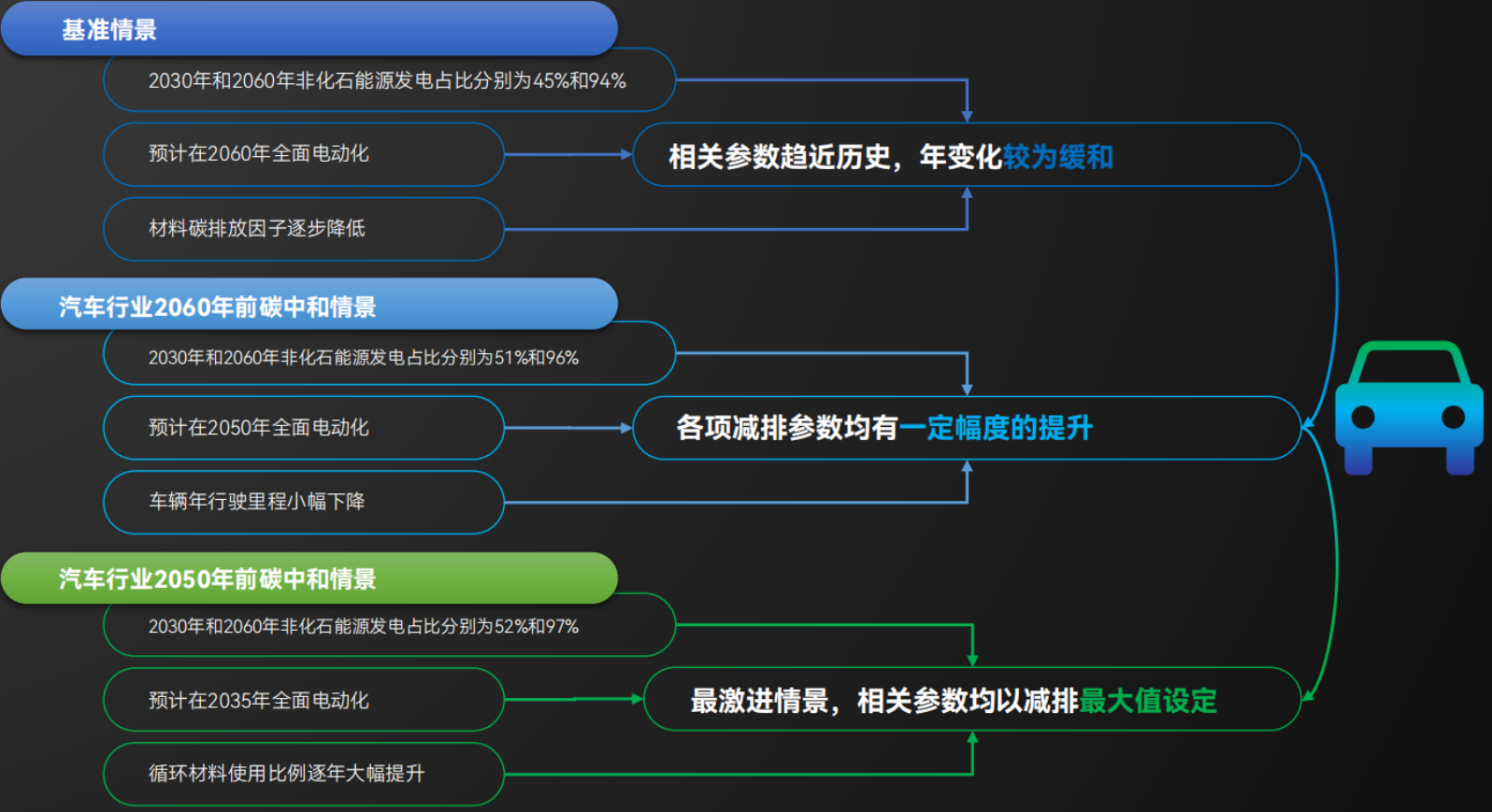
联合来自23家机构的25名行业专家参与书写



14 聚焦汽车行业碳中和 设置三种情景

在三种情景下，评估十大减排路径对乘用车、商用车生命周期碳排放的减排效果。





15 电力在进行自身减排的同时 要支撑汽车行业尽早达峰

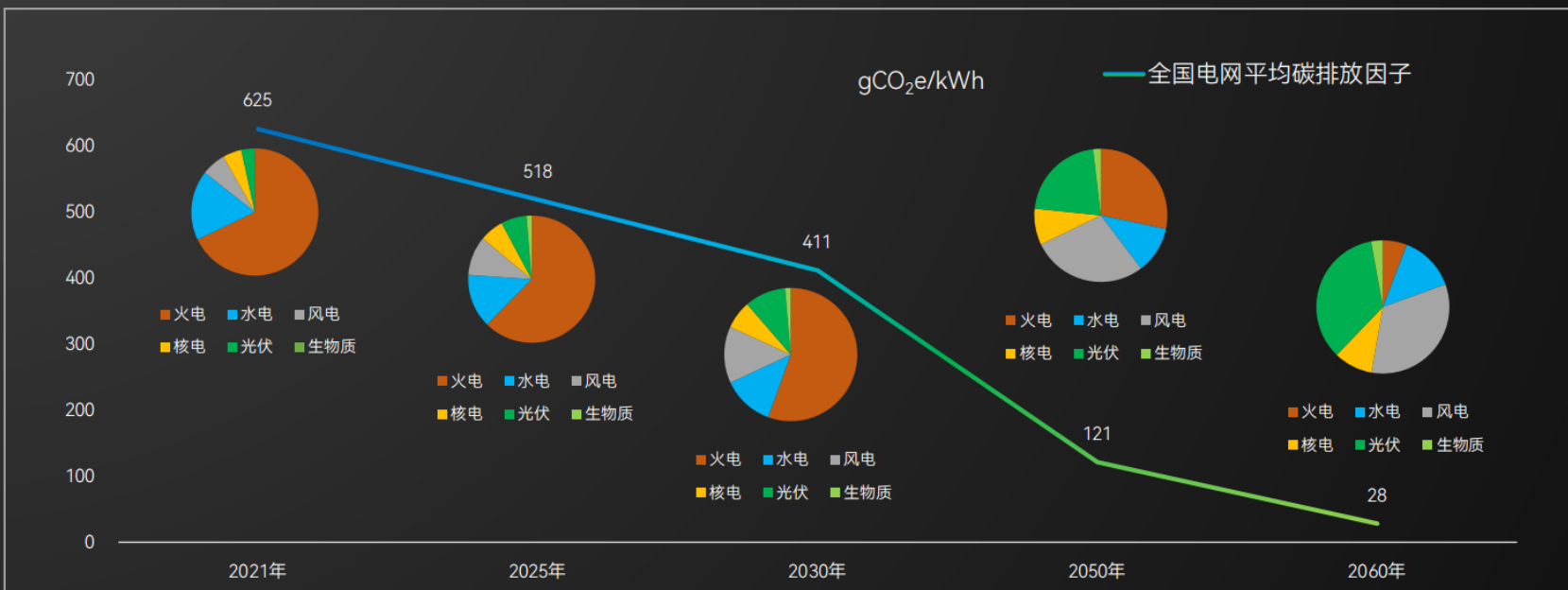
实施路径包括：构建多元化能源供应体系、发挥电网基础平台作用、大力提升电气化水平、推动源网荷高效协同利用、大力推动技术创新、强化电力安全意识、健全和完善市场机制。

2020年，全国单位火电发电量二氧化碳排放约832克/千瓦时，比2005年下降20.6%；全国单位发电量二氧化碳排放约565克/千瓦时，比2005年下降34.1%。

以2005年为基准年，从2006年到2020年，通过发展非化石能源、降低供电煤耗和线损率等措施，电力行业累计减少二氧化碳排放约185.3 亿吨。电力二氧化碳增长有效减缓。

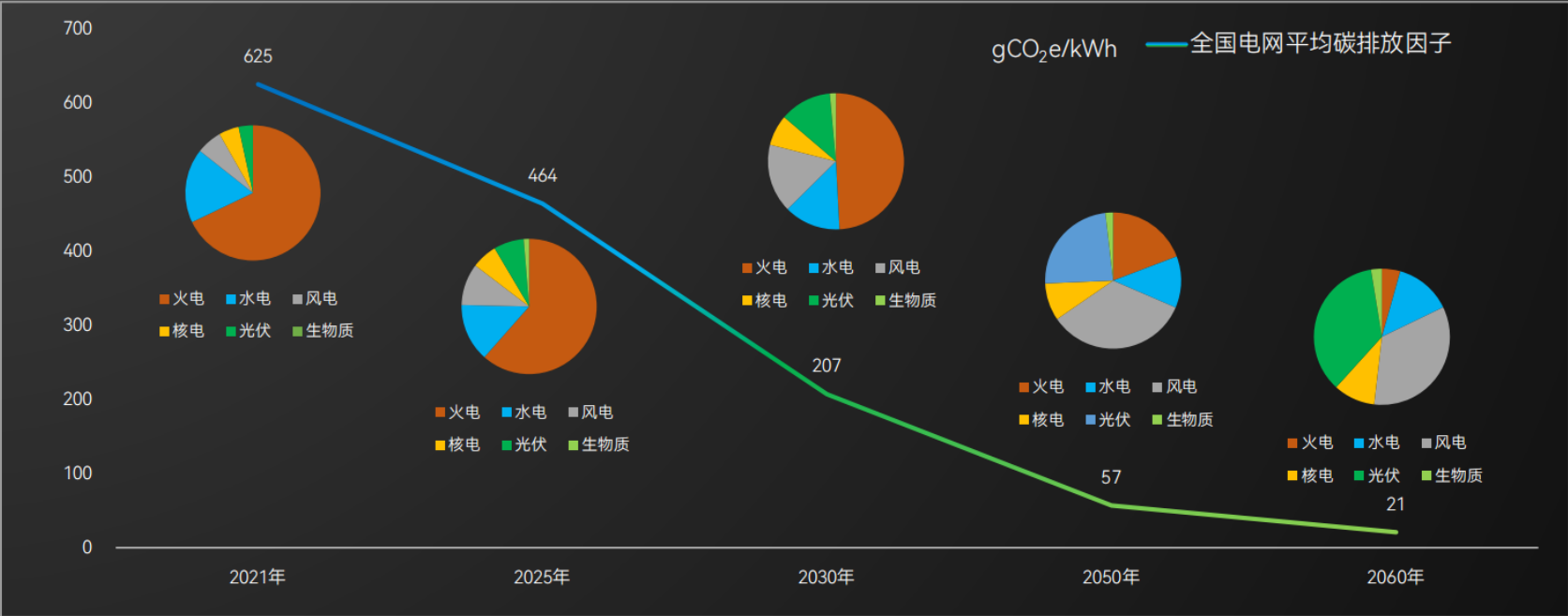


基准情景：到2030年，火电占比仍超过50%。2050年以后，非火电比例大幅增加，电网中光伏和风电占比大幅提升（均20%以上），保持水电和核电占比（各10%左右），火电占比降低在30%以下。2060的发电碳排放因子比现在降低95.6%。



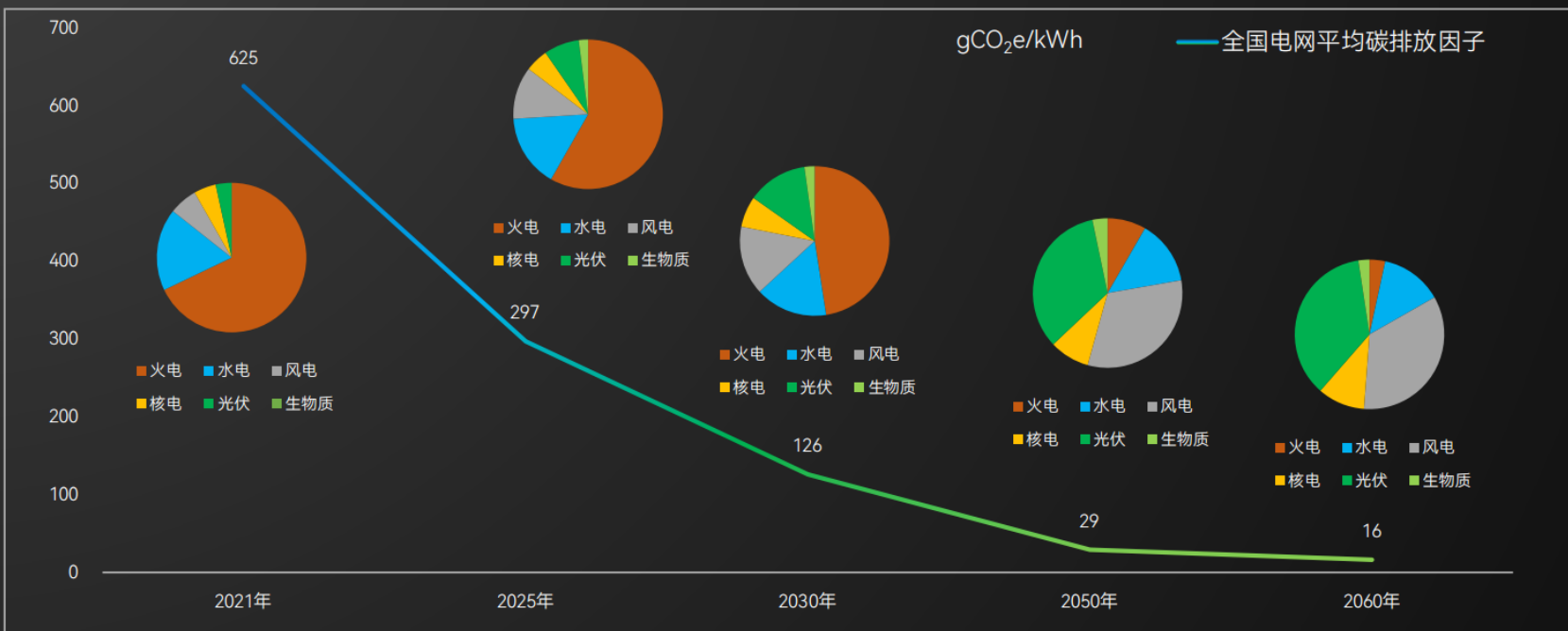
数据来源：国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、国家发展和改革委员会能源研究所、中国电力企业联合会、CALCD数据库、《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望等报告》、《IPCC第五次评估报告》等。

2060前碳中和情景：到2030年，火电比例已略低于50%。2050年以后，电网中光伏占比大幅提升至24%，风电30%以上，火电占比降低在20%以下。2060的发电碳排放因子比现在降低96.6%。




数据来源：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、CALCD数据库、《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望等报告》、《IPCC第五次评估报告》等。

2050前碳中和情景：2030年，火电比例下降为47.5%。2050年以后，电网中光伏和风电占比大幅提升（均30%以上），火电占比降低在9%以下，2060的发电碳排放因子比现在降低97.4%。



数据来源：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、CALCD数据库、《中国2030年能源电力发展规划研究及2060年展望等报告》、《IPCC第五次评估报告》等。



16 汽车电动化和低碳化相辅相成， 电动化是应对气候变化的关键 一环

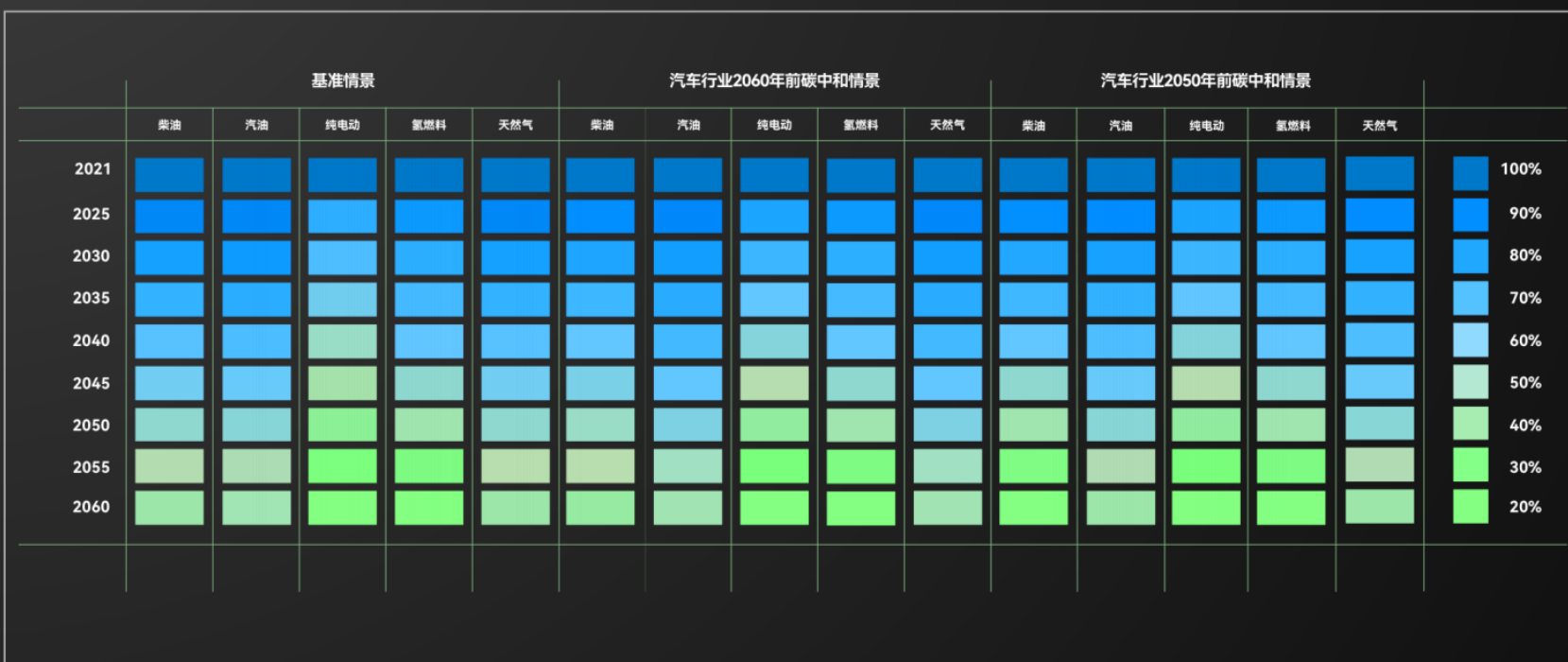
一方面依据国家电动化的不同的发展阶段，动态调整相应的政策和法规，采用最适合中国国情的低碳化策略，并加强国际规则协同；另一方面抓低碳核心技术研发，深入推进汽车全产业链的碳足迹研究，携手汽车全价值链迈向碳中和。

在基准情景下，2030年和2060年乘用车电动化（纯电动+氢燃料电池+插电式混合动力）比例分别为40%和90%，商用车电动化（纯电动）比例分别为5.2%和16.9%；在2060前碳中和情景下，2030年和2060年乘用车电动化比例分别为50%和88%，商用车电动化比例分别为7.6%和28.3%；在2050前碳中和情景下，2030年和2060年乘用车电动化比例分别为70%和85%，商用车电动化比例分别为10.8%和49.5%。



数据来源：节能与新能源汽车技术路线图2.0、《中国汽车低碳行动计划（2022）》

在乘用车能效提升参数设置上，以2021年的能效水平为基准，未来，不同类型乘用车能效水平将有不同程度的提升。随着不同情景的减排强度增加，柴油/汽油乘用车燃油消耗、混合动力乘用车燃油消耗、纯电动乘用车电量消耗水平下降幅度较小，氢燃料电池乘用车燃料消耗水平降幅约为30%。随着未来时间的推移，不同能耗水平均有较大幅度下降，其中氢燃料电池乘用车燃料消耗水平降幅最大，可达50%。



17 车用燃料脱碳的重点是减少以石油为主的车用燃料的碳排放

尽管替代动力总成在最新销量中所占份额日益增多，但由于车辆置换速率缓慢，主要使用液态烃燃料的内燃机将在为整个汽车行业提供动力方面继续占据较大比例。因此，减少石油产品（汽油和柴油）所产生的温室气体排放对于支撑中国汽车行业的脱碳事业意义非凡。

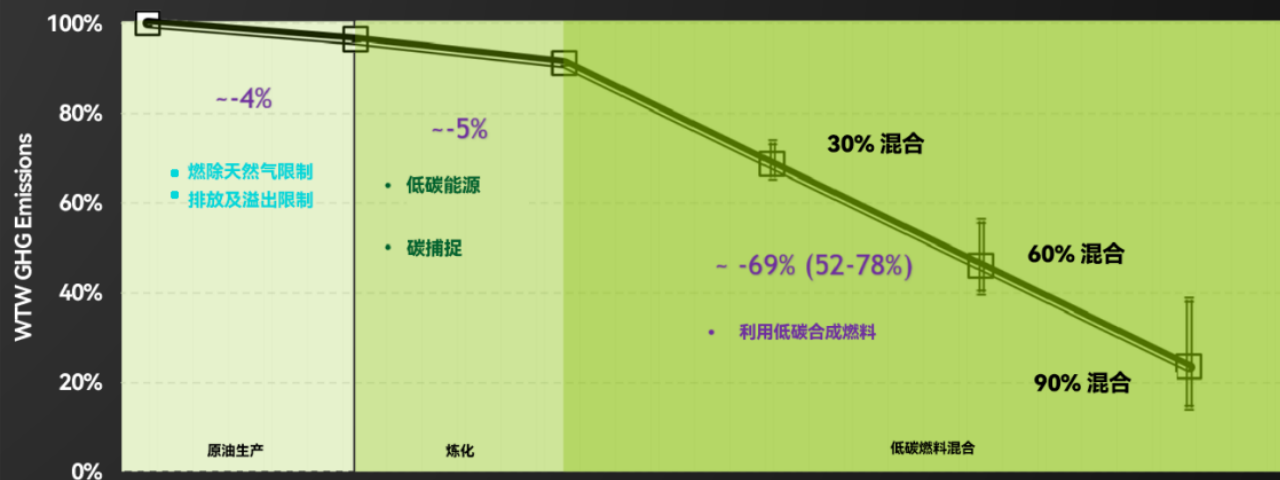


以石油为主的运输燃料可行的脱碳途径:

(1) 通过改进作业方式, 并减少原油生产过程中的泄漏, 减少因燃烧、排放和逸出造成的排放;

(2) 在炼油厂内采用碳捕获技术, 同时使用低碳公用设施;

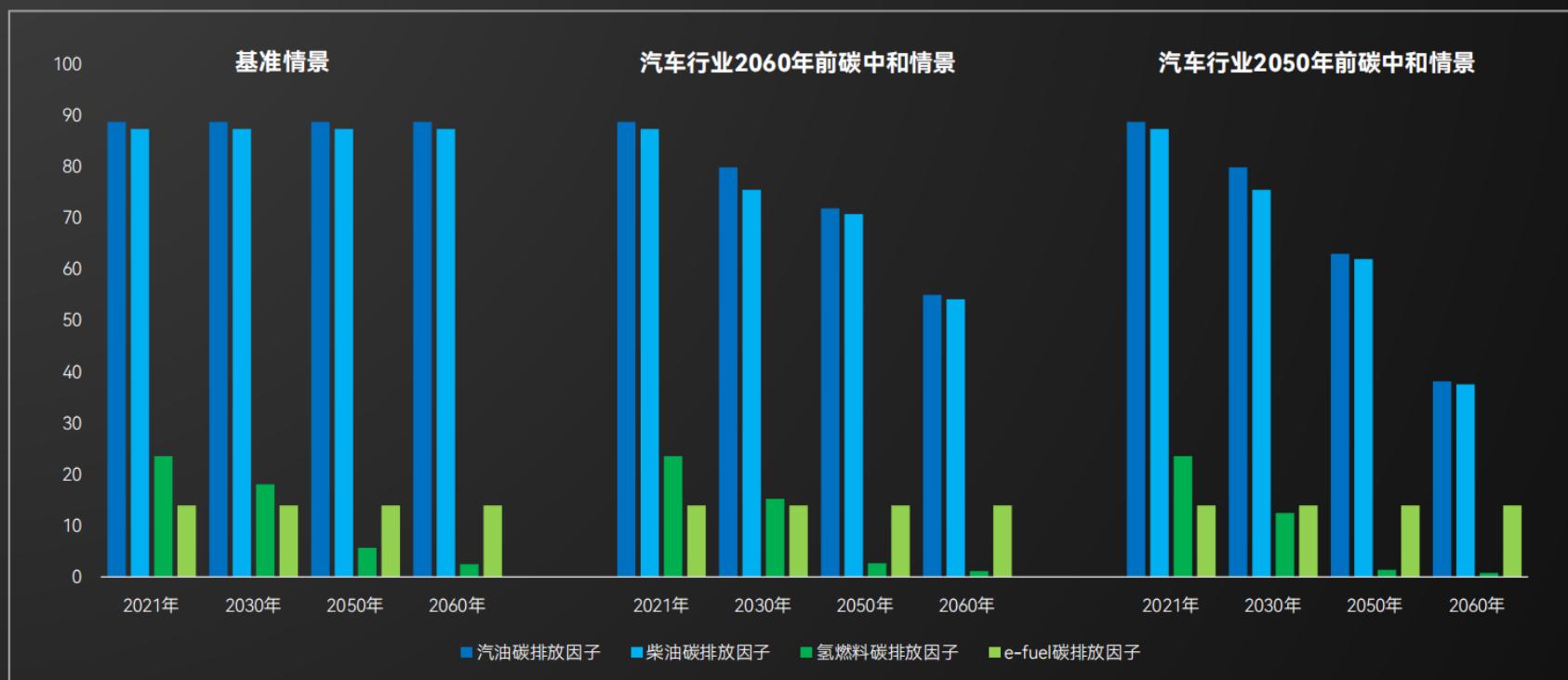
(3) 逐步增加最终混合燃料中低碳合成燃料的含量 (误差线反映了合成燃料温室气体排放强度的变化情况)。



来源: 阿美亚洲

通过分析得到在整个燃料生命周期内部署各种减排措施可能引起的液体燃料脱碳途径。然而, 这些措施成功与否, 不仅需要制定一个适宜的政策框架来达到低碳技术引资目的, 还需要提供有效的生命周期评估导向的政策决策, 整合全部技术及所有能源, 确保中国走向低碳流动性的未来。

燃料碳排放因子：在2060年前碳中和、2050前碳中和情景下，柴油、汽油碳排放因子在未来30年内将下降35%以上，氢燃料碳排放因子在所有情景中均有显著降低。



数据来源：阿美亚洲

18 车用材料向低碳化转型，是在汽车制造阶段降低碳排放的重要环节

为汽车行业提供“零”碳排放的材料，是原材料生产厂商努力实现的目标。行业中领先的企业正在为此创新和开发产品。

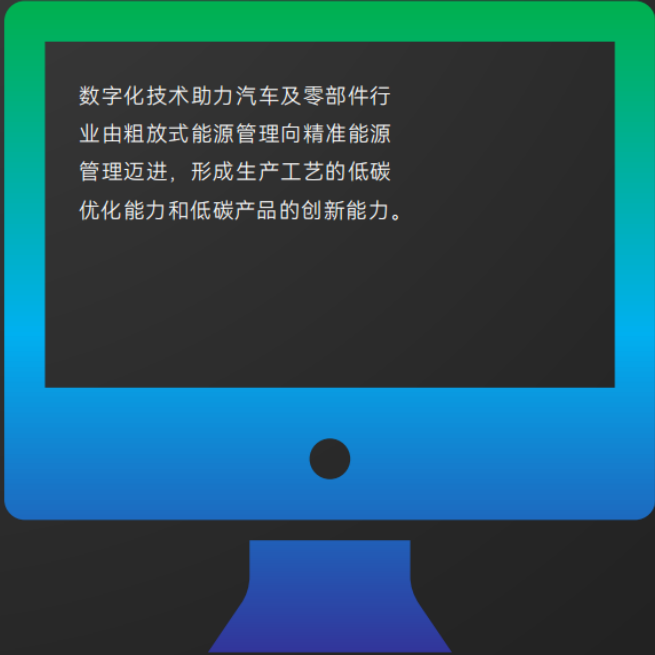


材料碳排放因子：到2030年，钢铁、铝及铝合金、塑料碳排放因子下降幅度在不同情景中达**20%以上**，2060年下降幅度将**高达85%**。



数据来源：中国汽车生命周期数据库(CALCD)、世界钢铁协会、欧洲铝协、材料经济学机构、CRU《2030再生铝计划》等。

19 数字化技术助力汽车行业低碳化转型是行业低碳化发展必经之路



数字化技术助力汽车及零部件行业由粗放式能源管理向精准能源管理迈进，形成生产工艺的低碳优化能力和低碳产品的创新能力。

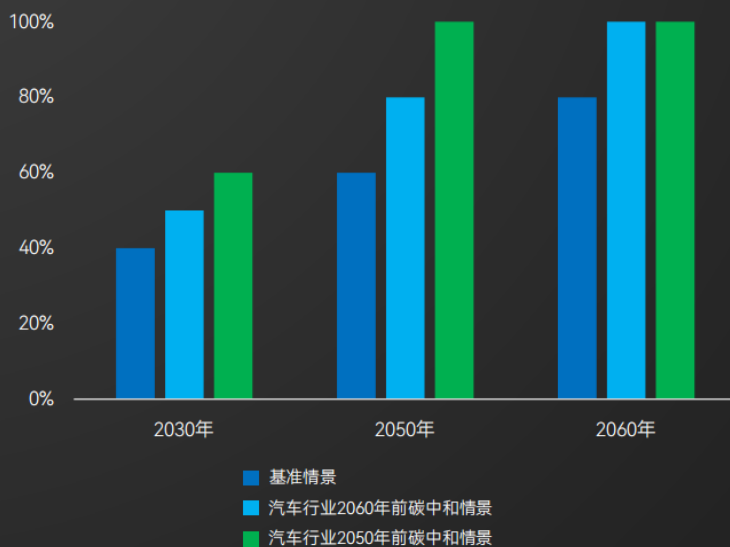
工业数字化是利用大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术，对工业中的人、机、料、法、环要素全面连接，通过碳数据量化、碳数据优化、智能控制等实现全产业链、全价值链的资源最优配置，是汽车行业低碳发展的必经转型路径。



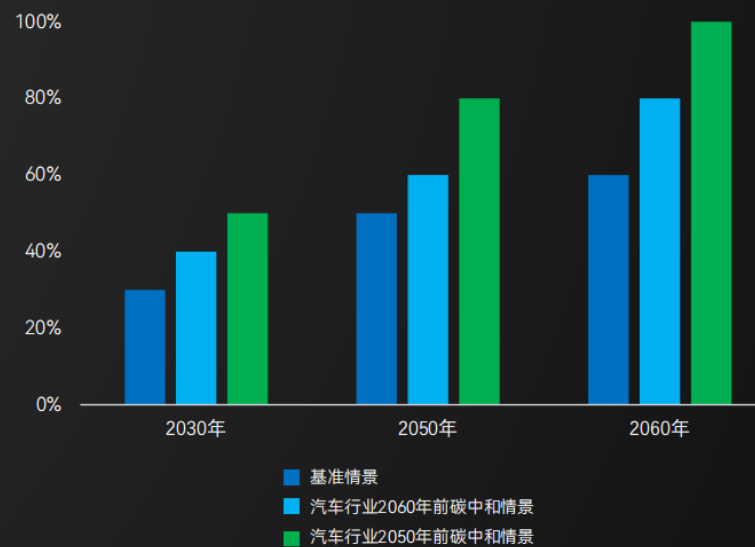
注释：依托工业数字化技术，预计到2025年，单车生产碳排放预计降低30%以上，到2050年，单车生产碳排放降低80%以上，到2060年，单车生产碳排放降低100%。

🔔 数字化技术从能源精准管理、低碳工艺生产和低碳产品创实现汽车行业低碳发展，助力双碳战略达成。

单车生产碳排放减排百分比



动力蓄电池碳排放减排百分比



工业数字化技术助力汽车行业实现能源精准管理、低碳工艺生产和低碳产品创新，是汽车行业低碳发展的必由之路。依托工业数字化技术，预计到2025年，单车生产碳排放预计降低到30%以上，动力蓄电池碳排放降低20%以上；到2050年，单车生产碳排放降低到80%以上，动力蓄电池碳排放降低60%以上；到2060年，单车生产碳排放降低到100%，动力蓄电池碳排放降低80%以上。在“双碳”背景下，建议大力推动汽车行业数字化转型。

20 交通运输的数字化、 网联化、智能化、 共享化、低碳化成为 确定性发展趋势



智慧交通与智能汽车、智慧能源、智慧城市的融合发展，推动跨领域协同式发展和社会经济大生态融合，优化交通运输结构，提升路网整体的安全和效率，并减少能源消耗和环境污染。

为人们构筑一个更加安全、高效、智慧、绿色、经济的交通运输体系，有效衔接生产、分配、流通和消费领域，使人享其行、物畅其流。



运输生产方式变革

- 网上预约出行将成为常态，共享出行全面普及，生物识别、无感通行、无感支付大规模应用
- 推广货物多式联运智能化技术，城市共同配送占比超过50%，物流实现全程可视化



运输结构优化

- 城际交通：铁路和城际轨道交通将成为主要方式，长距离大宗货物运输逐渐从公路向铁路、水路转移
- 城市交通：显著提高绿色交通分担率，大力发展社会化共同配送



新型公路设施建设

- 公路基础设施实现全要素、全周期数字化
- 城市群高速公路超快充、大功率电动汽车充电设施广泛覆盖化



通行能力提升

- 2035年前，自动驾驶对整体道路通行能力的提升非常有限
- 新一代道路交通控制网和交通大脑，实现交通运行全局调度和管理的智能化、精准化



交通管理模式改变

- S3级有条件的车路协同技术大规模推广
- 多主体协同合作的新一代道路交通控制网和交通大脑，在高速公路网和经济发达地区的城市道路网大规模应用



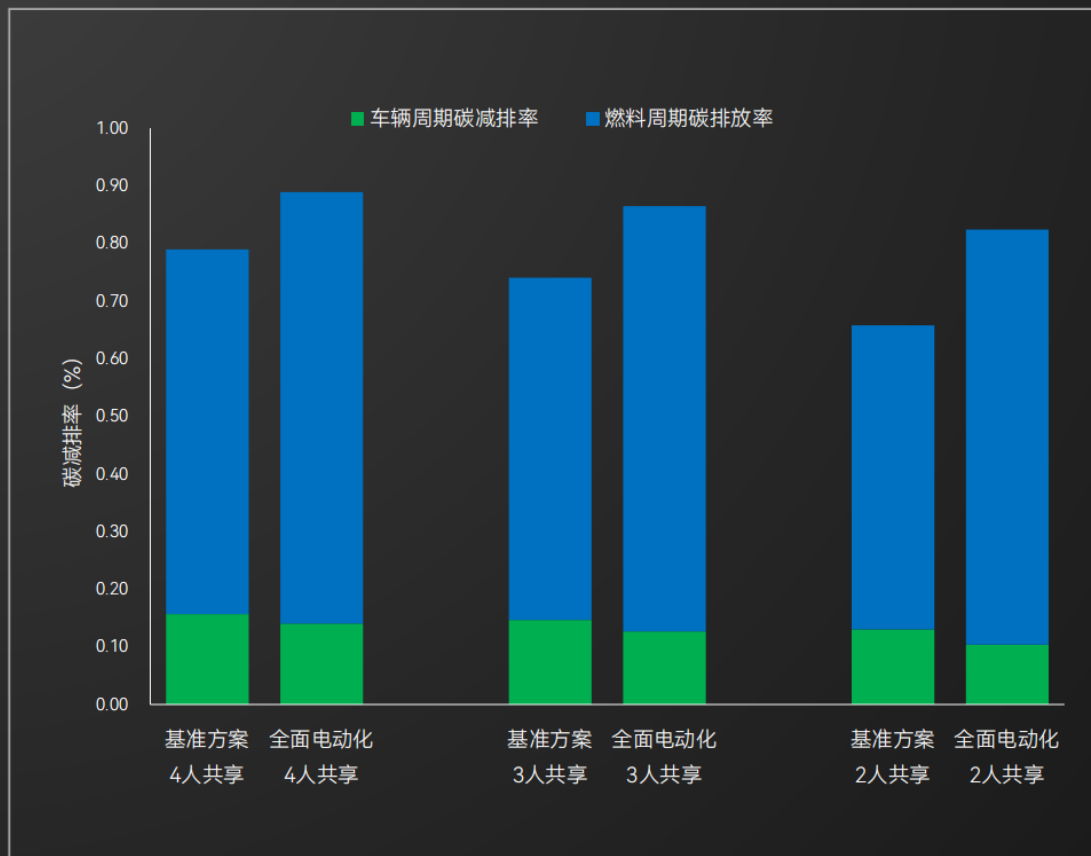
能源效率提高

- 交通网与能源网的动态协同运行和管控，有效提高能源利用效率
- 车车、车路协同，提高车辆行驶速度或保持匀速行驶，减少能源消耗和尾气排放

21 全面电动化耦合多人共享出行贡献高碳减排率



横向对比不同共享方式，每多一人参与共享，大约可以贡献5%的碳减排率；全面实现电动化的政策背景相较参考背景平均碳减排率增加了13%。



六种模拟情景下，共享出行碳减排效果主要体现在燃料周期，燃料周期的碳减排率平均约66%，车辆周期的碳减排率平均约为13%。

注释：用共享出行相对于传统出行方式的碳减排率来表征碳减排效果，碳减排量为传统出行方式与共享出行碳排放量的差值，碳减排率为共享出行碳减排量占传统出行方式碳排放量的比例。



全面实现电动化的政策背景较基准方案而言，平均碳减排率增加了13%。

22 汽车保有量远未达峰值，汽车回收和资源化利用行业正处于高速增长阶段



在“双碳”背景下，汽车回收和资源化显得尤为重要。汽车蕴含的大量钢铁、有色金属、塑料、橡胶等循环利用资源的碳减排效益明显。

2021年回收量297.5万辆占保有量3.02亿辆约为1%的比例计算，预计到2060年回收量将达到3766万辆。汽车资源回收利用减排潜力巨大，每辆燃油车材料再生利用减排为4.88t CO₂（由计算公式：减排量=减排效果*回收量/折损比）。

图1 我国未来汽车保有量和回收量预测

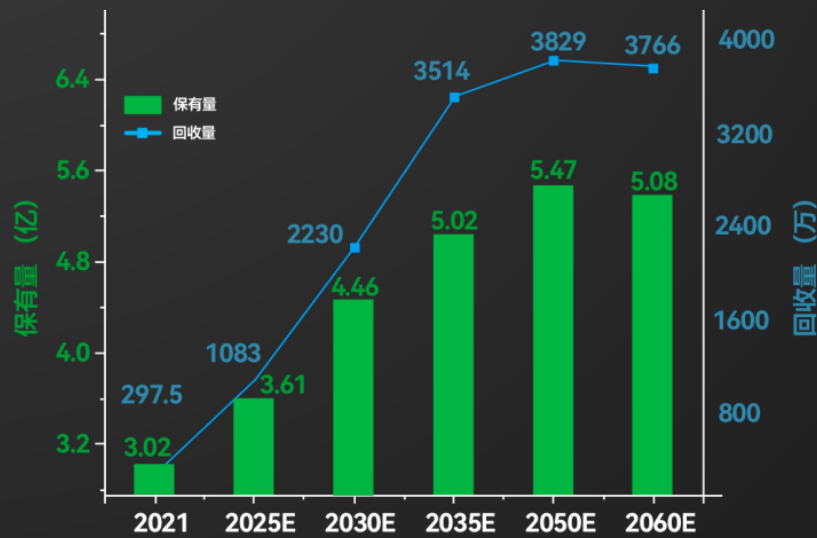


表1 材料再生利用减排数据

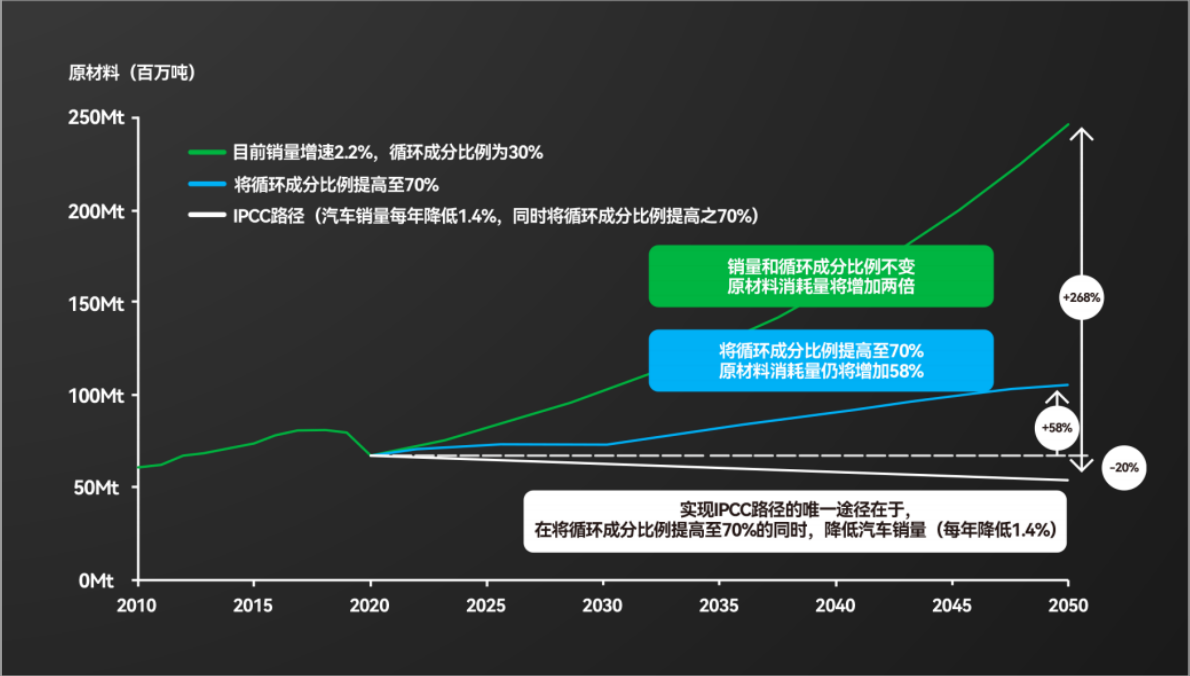
	减排效果 (tCO ₂ /t材料)	单辆燃油车材料回收 量 (kg)	折损比
钢铁	1.9	2534.48	1.08
铝	14.7	28.95	1.18
塑料	3.4	21.73	1.19

23 回收利用对于气候和资源保护至关重要 但循环经济需要更多解决方案助力

回收利用是一项成熟技术，涵盖材料回收及减少嵌入式排放。但目前报废工艺不足以汽车行业提供高质量的材料。加之全球汽车销量增长，气候目标实现将很难达，因此需要引入新的商业模式并转向更可持续的交通方式来提高车辆使用效率。



由于全球乘用车销量的增长，截至2050年，汽车原材料消耗量将增加近三倍（268%）。即使广泛采用回收材料（70%）也不足以应对气候变化，需要更系统的循环经济解决方案应对挑战。



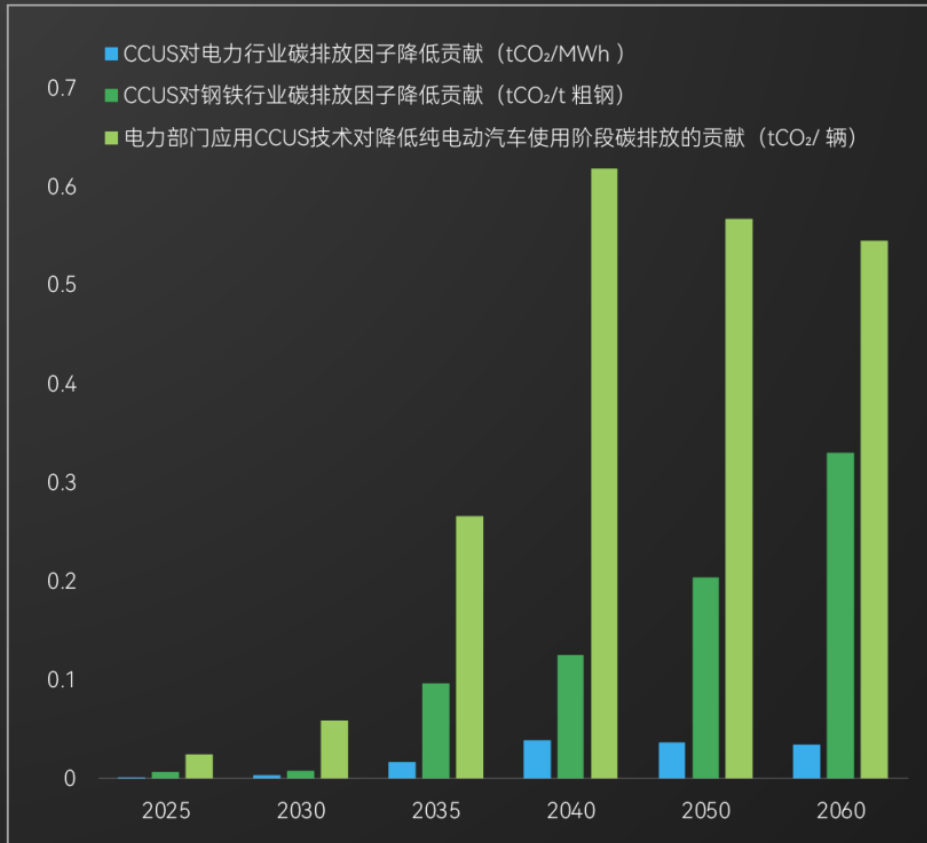
假设：汽车销售量和保有量数据来源于国际能源署 Global EV Data Explorer (2022)。作为参考权重因子的欧洲车辆平均重量数据来源于国际清洁交通委员会《2021-2022年欧洲汽车市场统计数据》；为了实现IPCC的“低排放发展”情景，原材料绝对消耗量需减少近20%，因此可以作为假定目标 (Grubler et al. 2018)。循环成分比例假定如下：2010年达到20%，2021年达到30%，2030年达到50%，2050年达到70%。

🔔 循环经济涵盖但不仅限于回收利用。它优化了报废价值、利用率、占有率和运营生命周期——建立在非物质化的商业模式之上。

24 碳捕集、利用与封存 (CCUS) 技术通过减少电力和钢铁等的 碳排放，增加汽车产业链碳减 排效益

在电力行业，我国电力需求到2050年预计增长到每年12万亿~15万亿度，即使火电占比大幅缩减至10%左右，每年仍有数亿吨CO₂需通过CCUS技术减排才能实现电力系统的净零排放；在钢铁行业，减少产量、节能技术、废钢循环利用、新能源替代都可以减少钢铁生产的碳足迹。然而，通过这些传统减排措施实现的减排范围有限，因此有必要部署CCUS技术以实现碳中和背景下钢铁行业二氧化碳减排目标。





在2060年实现碳中和情景下，CCUS对于降低电力碳排放因子的贡献约为0.0349吨CO₂/MWh，对于降低钢铁碳排放因子的贡献约为0.3297吨CO₂/吨粗钢。

注释：

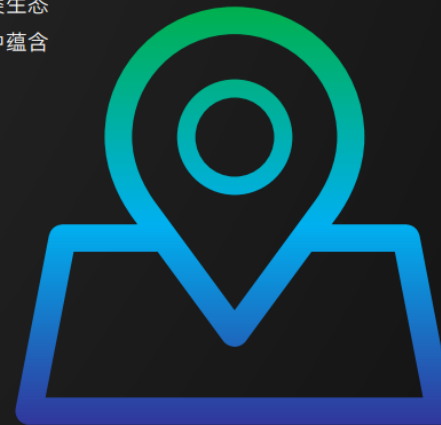
注释：根据《中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告》的预测数据，我国BECCS(生物质耦合CCUS)技术的减排量在2050年预计达到2~5亿吨CO₂/年，2060年可达3~6亿吨CO₂/年；DACCS（直接空气碳捕集）技术减排潜力在2050年预计达到0.5~1亿吨CO₂/年，2060年可达2~3亿吨CO₂/年。

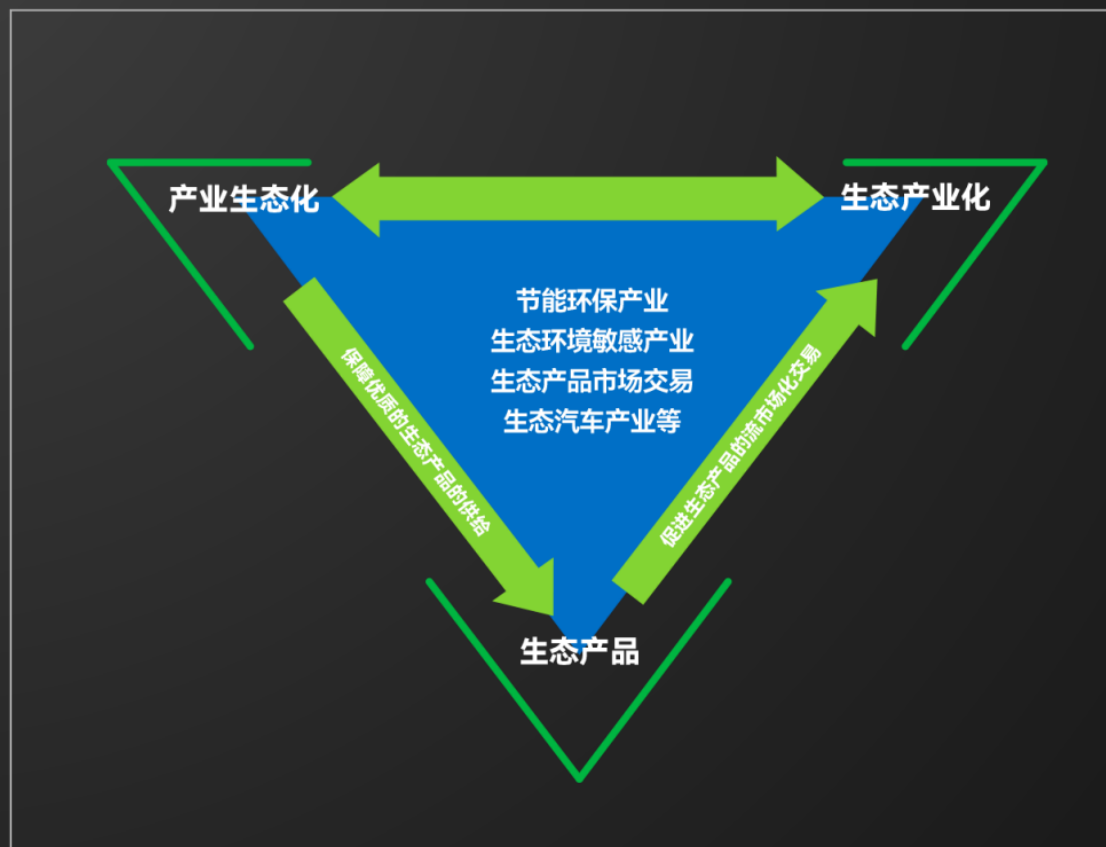


汽车行业产业链长，涉及领域多，部分排放源零星分布，彻底减排难度大，预计最后将结合DACCS和BECCS等负排放技术实现碳中和。

25 形成“产业发展—生态产品—生态健康”的良性循环过程 以汽车生态化助力碳中和目标实现

汽车生态化提供了两种生态产品，一种是汽车本身的生态化，即提供了汽车这一类生态化的工业品，另一种是因汽车生态化而促使自然生态系统提供的生态产品，这其中蕴含着丰富的生态产品价值。





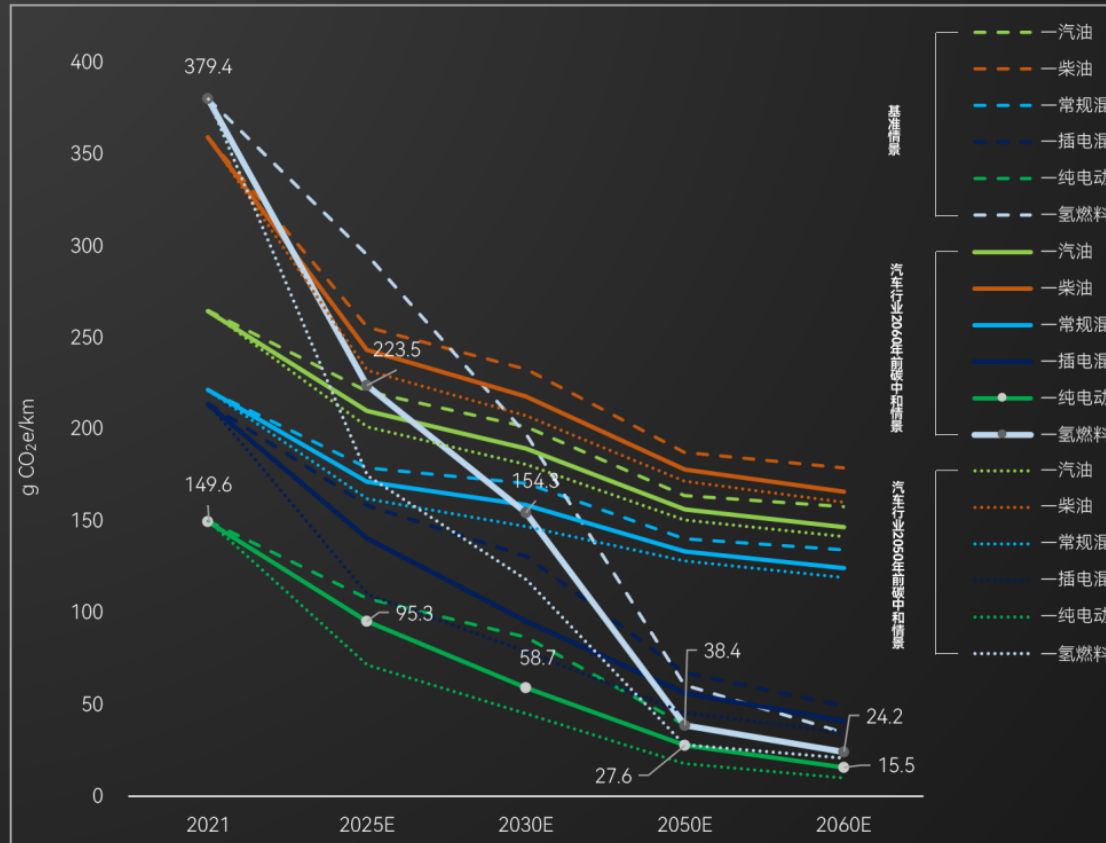
汽车生态化不仅是实现汽车这类工业产品自身绿色化、生态化、低碳化的重要环节，而且有利于提高自然生态系统质量和环境质量、助力推动生态产品价值实现，是建立健全以产业生态化和生态产业化为主体的生态经济体系的重要组成部分，对于碳中和目标实现具有重要意义。



面向未来发展，建议进一步界定汽车生态化的内涵，明晰其产品的生态化特征，并开展针对汽车产业的生态产品供给贡献的价值核算。

26 未来纯电动乘用车始终是最低碳车型 氢燃料乘用车减碳潜力巨大

2060年前碳中和情景下，2060年纯电动乘用车碳排放仅为15.5gCO₂e/km，是未来最低碳的车型，氢燃料乘用车碳排放预计降低94%，是未来减排潜力最大的车型。



较为常见的汽油、常规混动、插电混动和纯电动四类乘用车中，汽油车和常规混动车始终是碳排放较高的车型，纯电动车和插电混动车则始终为较低碳的车型。

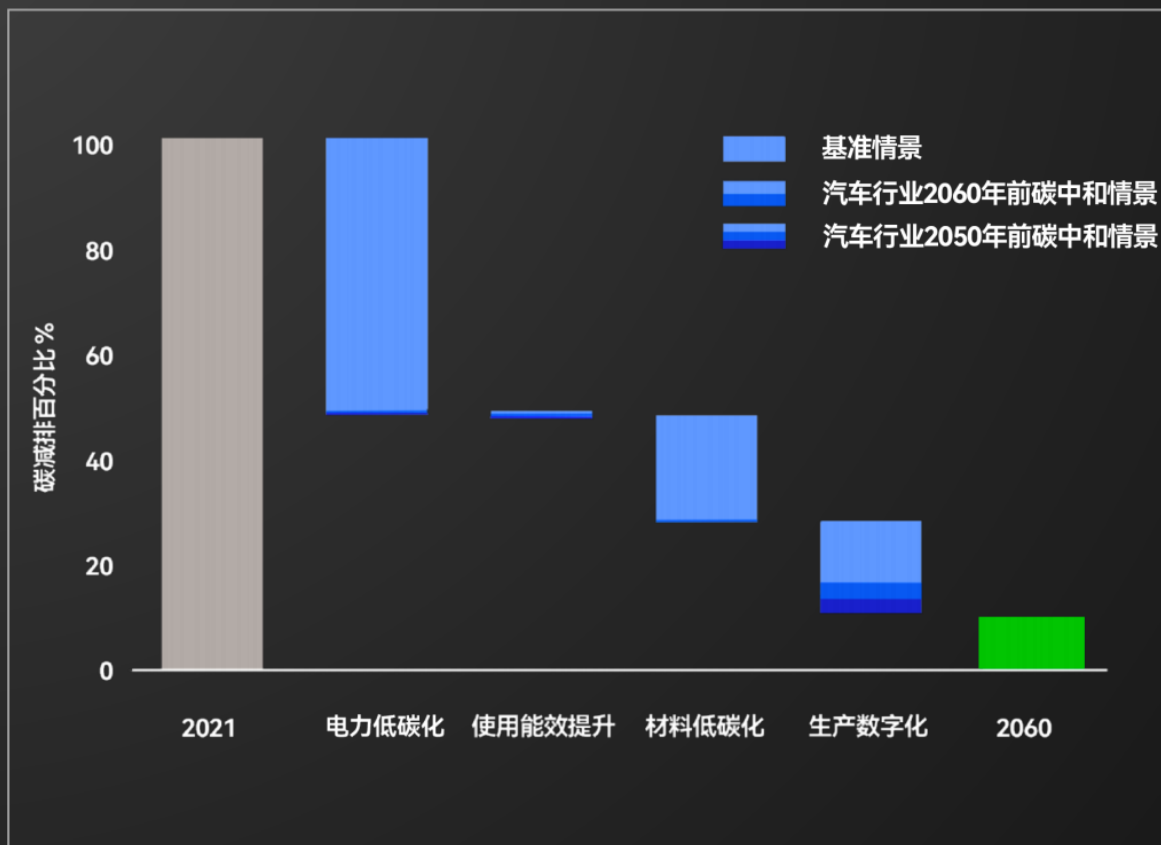
插电混动乘用车作为仅次于纯电动乘用车的低碳选择，同时兼具高续航里程和行驶更低碳的优点，预计2025年前作为汽油车和纯电动车的过渡车型将获得较多的关注。

注释：基准情景、2060前碳中和情景和2050前碳中和情景下均考虑了电力低碳化、燃料脱碳化、材料低碳化、生产能效和使用能效提高这些因素不同程度的影响。

🔔 各类型乘用车碳排放趋势：燃油车普遍较高，氢燃料车逐步由高点降低，插电混动车较为低碳，纯电动车始终碳排放最低。

27 乘用车：未来电力低碳化将给纯电动车带来最大的减碳效果 低碳材料减碳作用明显

纯电动乘用车未来的主要减碳途径为电力低碳化，贡献程度最大占比超过50%，低碳材料的使用和生产能效的提升带来的减碳效果明显，在2050前碳中和情景中贡献程度均为20%左右。



三种情景下，2060年纯电动乘用车碳排放将分别降低2021年碳排放的85%、90%、96%，其中电力低碳化贡献最大占比超过50%。

2060前碳中和情景中，电力低碳化对纯电动车的减碳贡献最大达52%，使用能效的提升难度较大因此减排效果最弱，而材料低碳化和生产数字化成为有效的减碳路径，两者分别能够贡献20%左右的减碳比例。

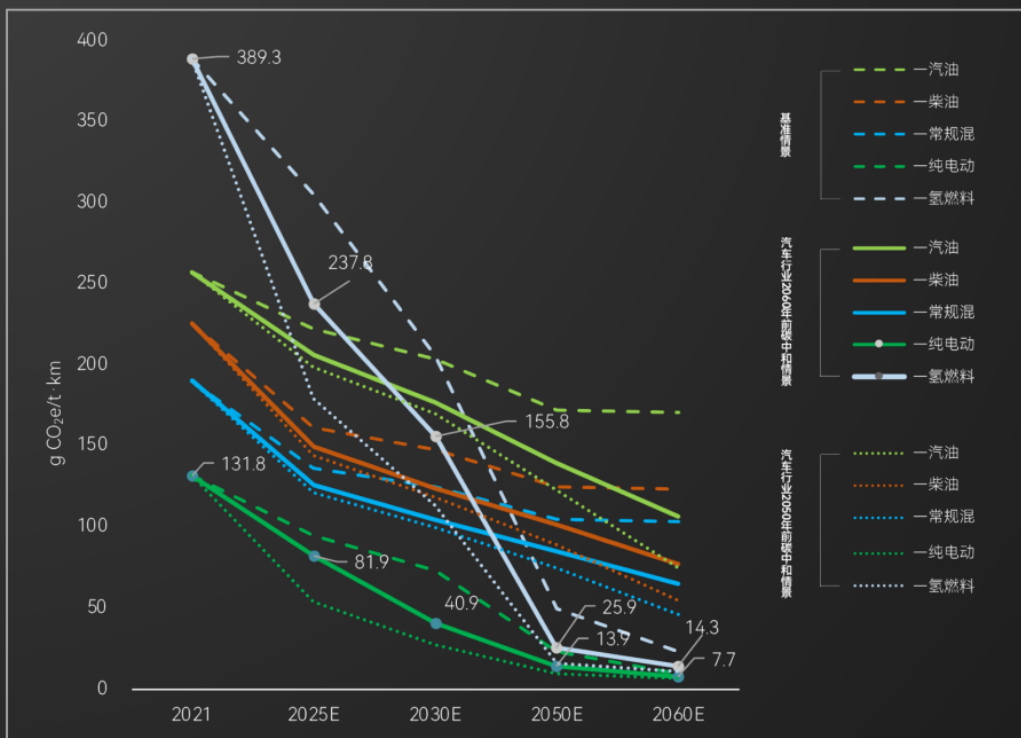
注释：基准情景、2060前碳中和情景和2050前碳中和情景下均考虑了电力低碳化、燃料脱碳化、材料低碳化、生产能效和使用能效提高这些因素不同程度的影响。

🔔 2060前碳中和情景，2060年碳排放降为2021年的6%，2060前碳中和情景下降为2021年的10%，基准情景下降为2021年的15%。

28 商用车：纯电动轻货始终是轻货中最低碳车型 氢燃料轻货减碳潜力巨大

2060前碳中和情景下，2060年纯电动轻型货车碳排放仅为7.7gCO₂e/t·km，是未来最低碳的轻货车型，氢燃料乘用车碳排放预计降低96%，是未来减排潜力最大的车型。





注释：基准情景、2060前碳中和情景和2050前碳中和情景下均考虑了电力低碳化、燃料脱碳化、材料低碳化、生产能效和使用能效提高这些因素不同程度的影响。

各种情景下，纯电动轻货在全部燃料类型的轻型货车中拥有着绝对的低碳排放优势，而氢燃料轻货随制氢工艺的低碳化逐步凸显碳排放优势。

在基准情景下，2030年后，氢燃料轻货碳排放可逐步低于燃油类轻货；

在2060前碳中和情景下，2025—2030年，氢燃料轻货碳排放可低于汽油轻货，在2030年后可低于柴油轻货与常规混轻货；

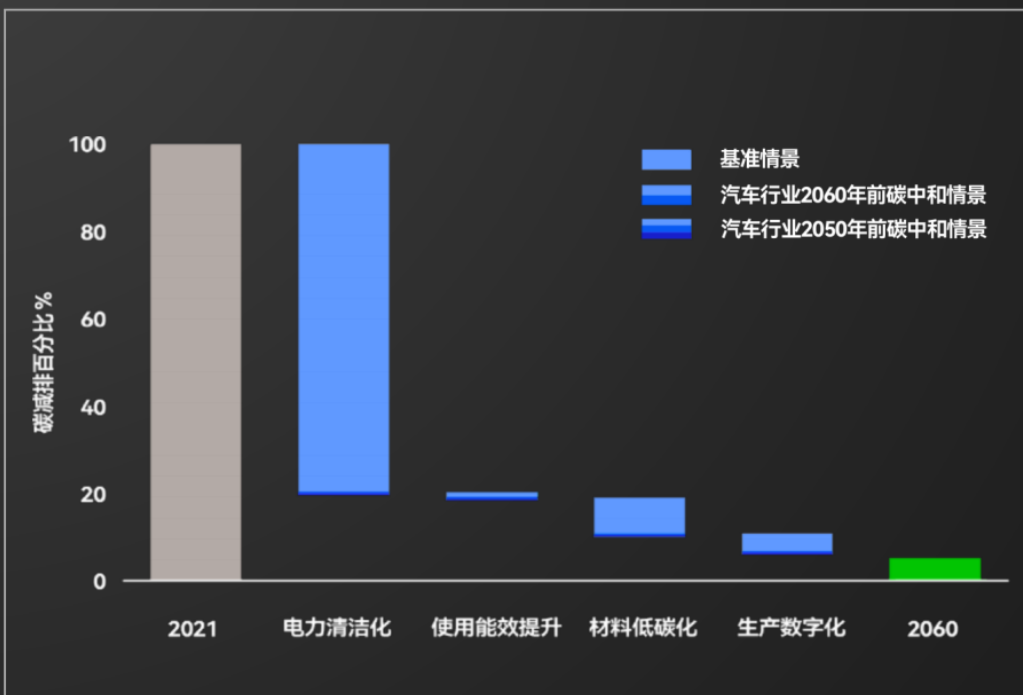
在2050前碳中和情景下，2021—2025年，氢燃料轻货碳排放可低于汽油轻货，2025—2030年，可低于柴油轻货，2030年后可低于常规混轻货。

各类型轻货碳排放趋势：燃油车普遍较高，氢燃料车逐步由高点降低，纯电动车始终最低。

29 商用车：未来电力低碳化 将给纯电动轻货带来最大的 减碳效果

纯电动轻货未来的主要减碳途径为电力低碳化，在各类情景中贡献程度达80%左右，低碳材料的使用带来的减碳效果在2050前碳中和情景中贡献程度达9%。





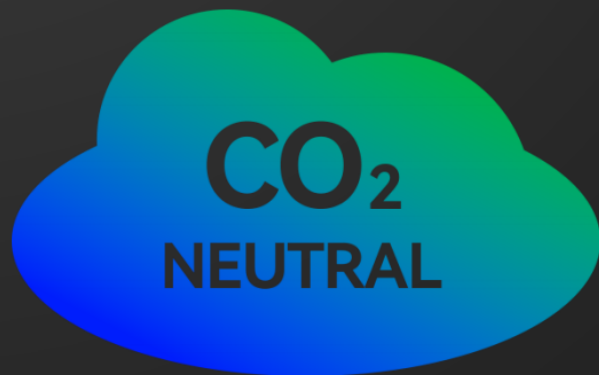
注释：基准情景、2060前碳中和情景和2050前碳中和情景下均考虑了电力低碳化、燃料脱碳化、材料低碳化、生产能效和使用能效提高这些因素不同程度的影响。

三种情景下，2060年纯电动轻货碳排放将分别降低2021年碳排放的93%、94%、95%，其中电力低碳化贡献最大其占比在80%左右。

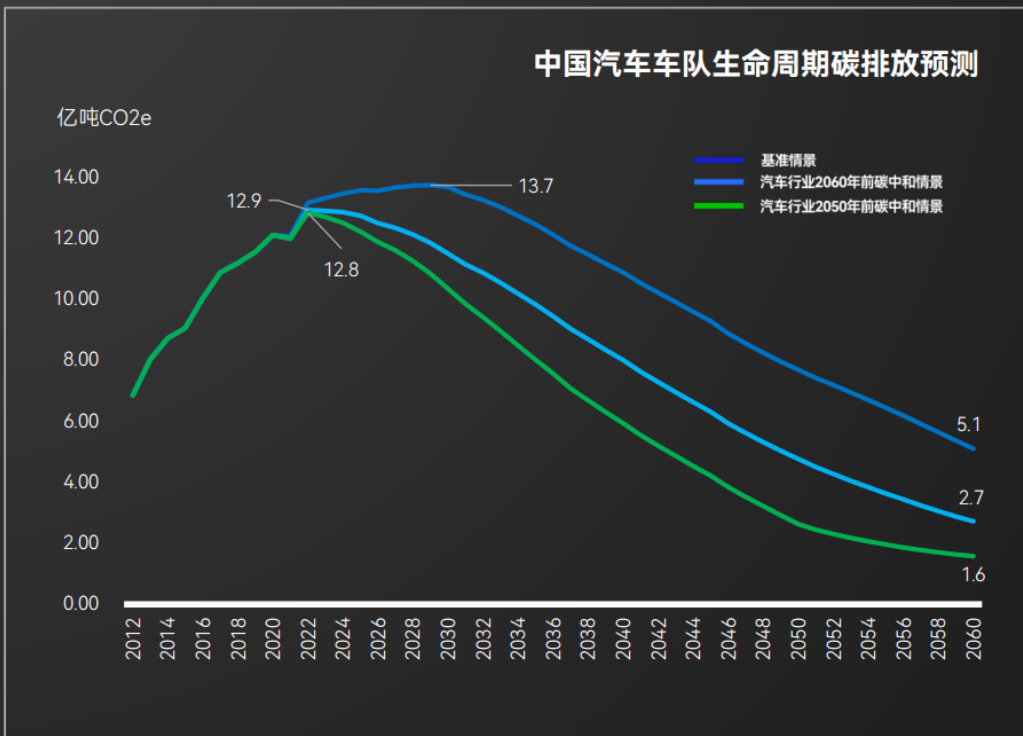
2050前碳中和情景中，电力低碳化对纯电动轻货的减碳贡献最大达81%，使用能效的提升难度较大因此减排效果最弱，而材料低碳化和生产数字化成为有效的减碳路径，两者分别能够贡献9%和4%的减碳比例。

2050前碳中和下，2060年碳排放降为2021年的5%，2060前碳中和情景下降为2021年的6%，基准情景下降为2021年的7%。

30 汽车车队碳排放将于 2030年前达峰，实现 2060年碳中和仍需产业 链共同努力



在采取电力低碳化、车辆电动化、燃料脱碳化、材料低碳化、生产数字化等多种转型路径下，汽车行业全生命周期碳排放能够实现2030年前碳达峰。



不同情景下，我国汽车车队全生命周期碳排放峰值在12.8~13.7亿吨CO₂e之间，达峰后期实现深度脱碳存在一定努力空间。

随着新能源汽车占比提升，车辆周期碳排放将逐渐占据汽车车队生命周期碳排放的主导地位。

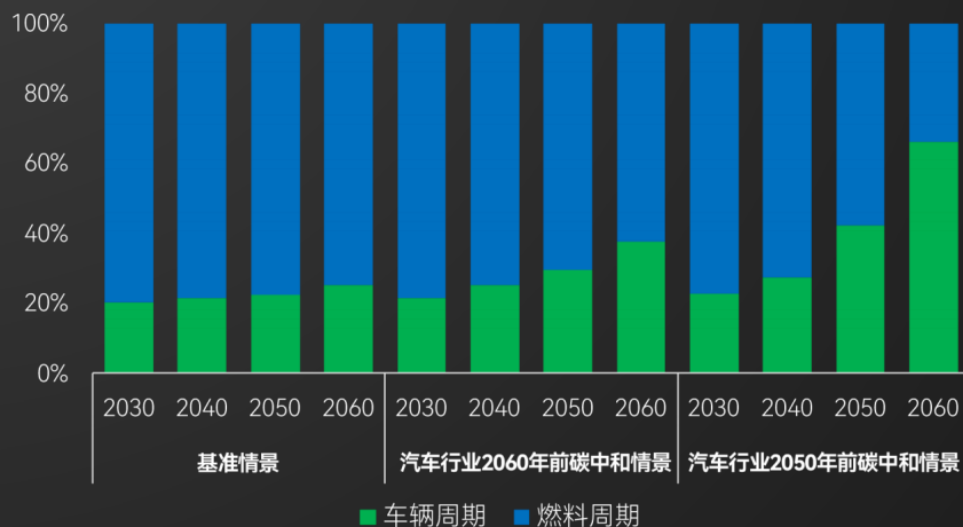
注释：在基准情景下，难以在2060年前实现汽车车队全生命周期碳中和，但在2060前碳中和、2050前碳中和情景下，可以增加2060年前碳中和的可能性。

31 汽车车队燃料周期的碳排放将持续下降，逐渐向上游供应链转移

随着电动车总量的增加，以及我国电力碳排放因子的逐渐下降，燃料周期碳排在车队全生命周期碳排放中的占比将逐步下降，车辆周期碳排放占比将逐渐上升。



中国汽车车队生命周期碳排放预测



注释：在基准情景下，2060年汽车车队车辆周期碳排放占生命周期碳排放的比例为25%左右，在2060前碳中和情景中，该比例升高至38%左右。

未来，对于新能源汽车的需求量大，相比于燃料周期，汽车上游供应链脱碳难度更大，预计到2060年2050前碳中和情景下，车辆周期碳排放的占比将达到66%。



汽车行业碳减排后期，上游供应链深度脱碳是实现全生命周期碳中和的巨大挑战之一。

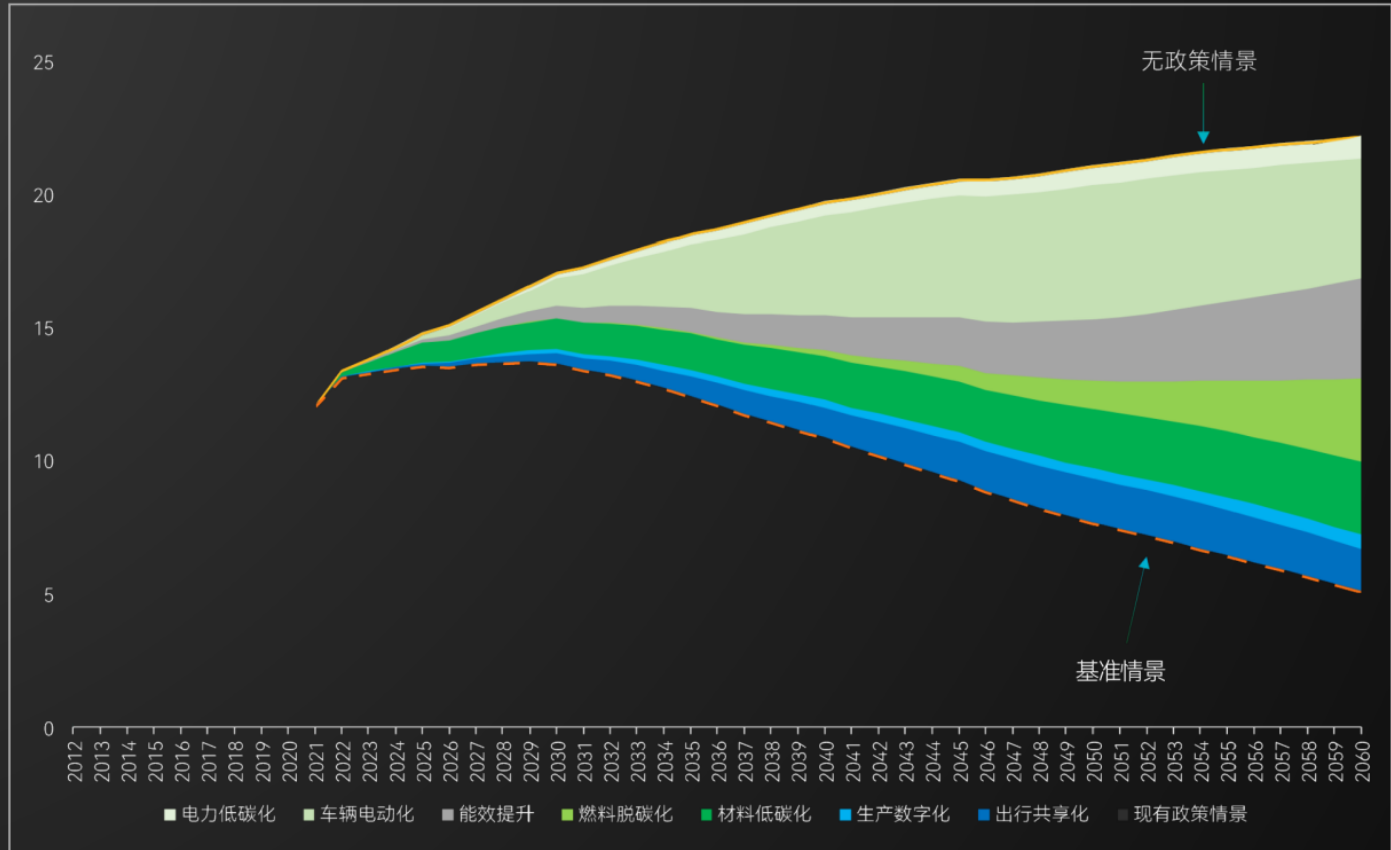
32 推动汽车电动化转型能够有效降低车队全生命周期碳排放

若不采用任何减排措施，到2030年我国汽车车队全生命周期碳排放将分别达到17.1亿吨 CO₂e，到2060年我国汽车车队全生命周期碳排放将分别达到22.2亿吨 CO₂e。

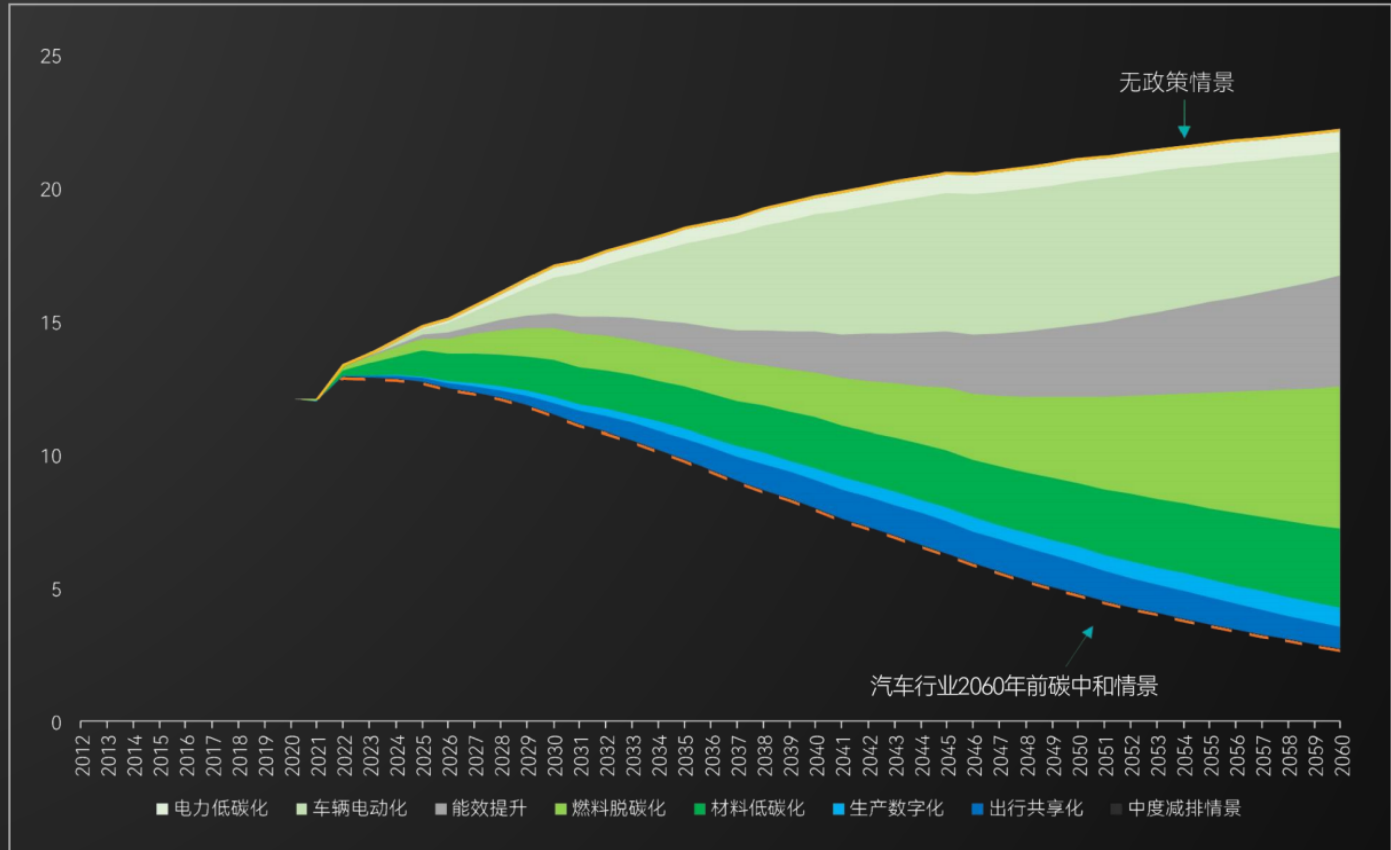


通过车辆电动化转型以及相关减排措施，2030年我国汽车生命周期碳排放能够缩减至10.3亿吨，到2060年能够缩减至1.6亿吨。

在基准情景下，未来车辆电动化能够带来最大的减排效果，材料低碳化带来的减排潜力随时间变化的幅度不大，车辆能效提升带来的减排效果随着时间增加而增大，燃料脱碳化的减排效果在后期更为明显。

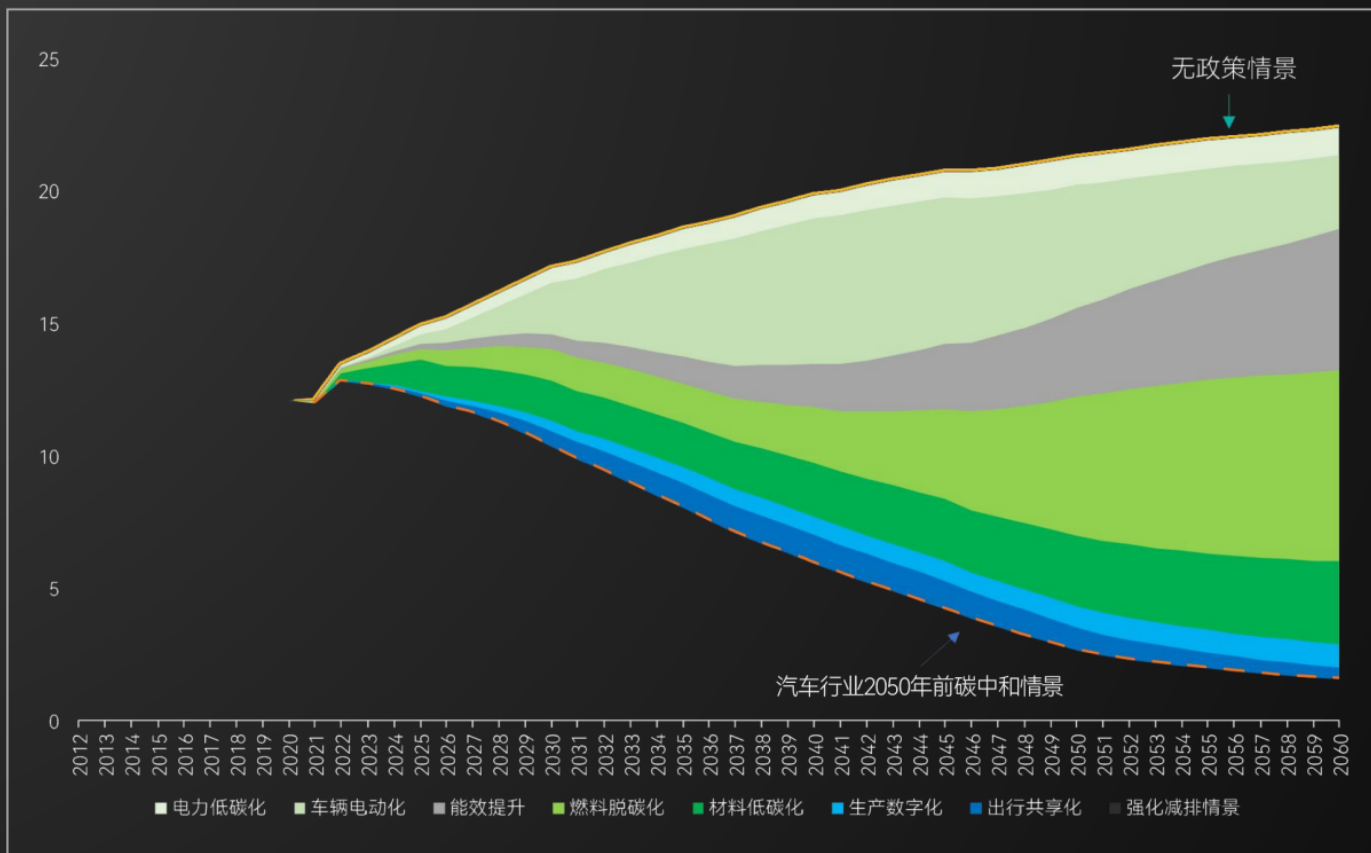


在2060前碳中和情景中，车辆电动化仍能带来最大的减排空间，此外，车辆能效提升、燃料脱碳化和材料低碳化的减排潜力均有所提升。



在2050前碳中和情景中，车辆电动化能够带来最大的减排空间，在后期，主要的减排潜力来自车辆能效提升、燃料脱碳化和材料低碳化三种转型路径。

注释：
在推进车辆电动化转型的基础上，车辆能效的提升、燃料的脱碳化、供应链脱碳是更有效的减排手段。





33 双碳目标下，汽车行业面临国内管理与国际竞争双重挑战

通过对标分析我国汽车行业低碳管理体系与国际先进国家做法，
从国内国际双角度得出亟待解决问题与挑战。

在国内管理上，针对碳排放的专门内容并不完全，现有政策与标准体系存在一定局限性，供应链及企业信息披露机制不成熟。在国际竞争上，受限于各地区政策，我国产品出口过程中的合规成本不断升高，碳话语权有待增强。



在双碳目标下，我国汽车产业受到的挑战是多方位的，应对挑战是一项系统性工程。

现有政策管理

效果饱和

以油耗和污染物为管理对象的现有政策对碳排放效果趋于饱和。

标准模糊

核算标准未涉及汽车全产业链，引领性标准缺乏，行业工作效率低。

数据复杂

我国碳排放基础数据库尚不完善，供应链数据复杂度较高。

透明度低

汽车供应链环境信息公开程度较低，产业链存在较高的环境及碳风险。

国际竞争挑战

出口受限

欧盟已规定碳足迹、循环材料等指标限值，可能影响我国产品出口。

尽职调查

一定规模的在欧业务企业应确保最低的供应链环境风险及出具报告。

成本上升

碳边境调节机制等政策将会提升产品进入欧盟的直接成本与管理成本。

话语权弱

国际碳排放体系成熟，我国企业对比之下存有差距，话语权难以提升。

34 行业低碳发展应从生产消费两端考虑，结合全生命周期制订激励政策

按照资源采购、生产优化、信息公开、财税激励等过程，提出了“两个角度、四项环节”的低碳发展政策工具包。

绿色材料与绿色电力作为资源采购方面的保障措施；
 优化技术应用与低碳认证促进生产环节绿色转型；
 碳信息与企业环境信息加大公众监督力度；
 财税政策激励生产消费双端低碳发展。



多环节共同治理可加速汽车行业转型升级，助力国家双碳目标实践，增进产品国际竞争力。

生产端

资源采购

出口企业绿色资源供应及保障
 循环材料供应；绿色电力供应

供应链信息收集统计机制
 供应链远端供应商的信息分析筛选

生产优化

汽车产业绿色低碳技术库制订
 加强行业引领；规范市场应用；促进国际合作

信息公开

汽车产品碳足迹信息公示制度
 社会监督力量促进企业开展工作

行业环境信息披露及评价制度
 促进全方面绿色转型

财税激励

汽车行业碳排放财税政策
 财税补贴激励低碳研发；碳定价机制形成辐射带动

消费端

汽车产品碳足迹标识
 鼓励低碳产品宣传，转变消费理念

汽车行业环境信息披露平台
 鼓励低碳产品宣传，转变消费理念

汽车产品碳税政策
 促进汽车产品低碳消费，鼓励低碳产品研发

35 聚焦汽车全产业链， 上下游联动、协同降 碳、多措并举

按照汽车全产业链排放特点和各路径减排潜力，提出了电力低碳化、汽车电动化、资源循环体系建设、负碳技术等战略要点。

根据汽车产业现存问题及各转型路径减排潜力提出了科学、可操作的低碳发展战略覆盖车辆链、燃料链、负碳技术、交通出行等全面的低碳发展战略要点可有效促进汽车全产业链减排



汽车产业链较长，辐射面较广。应多方主体协调、多措并举以促进汽车产业降碳。

汽车全产业链关键问题识别

确定十大转型路径

转型路径减排潜力分析

电力结构脱碳

构建清洁电力供应体系

- 提高可再生能源比重
- 多措并举提高火电的清洁化程度

电动化发展

稳步良好推进汽车电动化发展

- 加强政策保障
- 企业做好研发投入及预警工作

资源循环体系

再生材料的质量和碳减排评估标准

- 完善的汽车回收体系
- 资源提取技术创新

低碳替代燃料

替代燃料多元化应用场景

- 替代燃料清洁供应体系
- 替代燃料基础保障体系

低碳出行方式

良好的基础保障机制系

- 个人出行“碳账户”

负碳技术应用

完善负碳技术理论方法研究

- 保障基础设施建设
- 负碳项目减排量交易

36 研究展望

未来，中国汽车低碳行动计划将拓深研究，以汽车产业为出发点，结合减污降碳、能源系统、路径成本效益等内容，探索和发挥汽车产业链联动减碳效应。



减污降碳

考虑汽车全生命周期碳减排对污染物控制的协同效果，助力“十四五”规划目标实现、2035美丽中国基本实现以及2050社会主义现代化强国建设目标。



电力系统

汽车与电网的互动，大规模的电动汽车推广应用对电力系统的影响，以及V2G、V2X对汽车的反作用影响。



经济效益

在汽车行业不同的碳中和情景下，开展相应技术路径的经济效益分析，评估汽车行业分阶段实施实现碳中和的效果。



突破性技术

考虑未来技术跃迁式进步产生的影响，例如电池技术、储能技术、制氢工艺等对汽车产业链低碳转型带来的影响。

Thank You For Watching 感谢您的观看



Automotive Data of China Co., Ltd.
中汽数据有限公司

Land-line 022-84379771
电话 022-84379781

E-mail sunxin@catarc.ac.cn
邮箱 zhaomingnan@catarc.ac.cn

No.68 East Xianfeng Road , Dongli District , Tianjin
地址: 天津市东丽区先锋东路 68 号

Post Code 300300
邮编

