

“汽车产业链关键轻量化技术碳排放核查联合研究”

项目成果

中国汽车工程学会
汽车轻量化技术创新战略联盟



目 录

- 01 项目背景**
- 02 关键技术路径碳足迹评估**
- 03 汽车行业碳足迹评估平台**
- 04 总结与展望**

CHAPTER

01

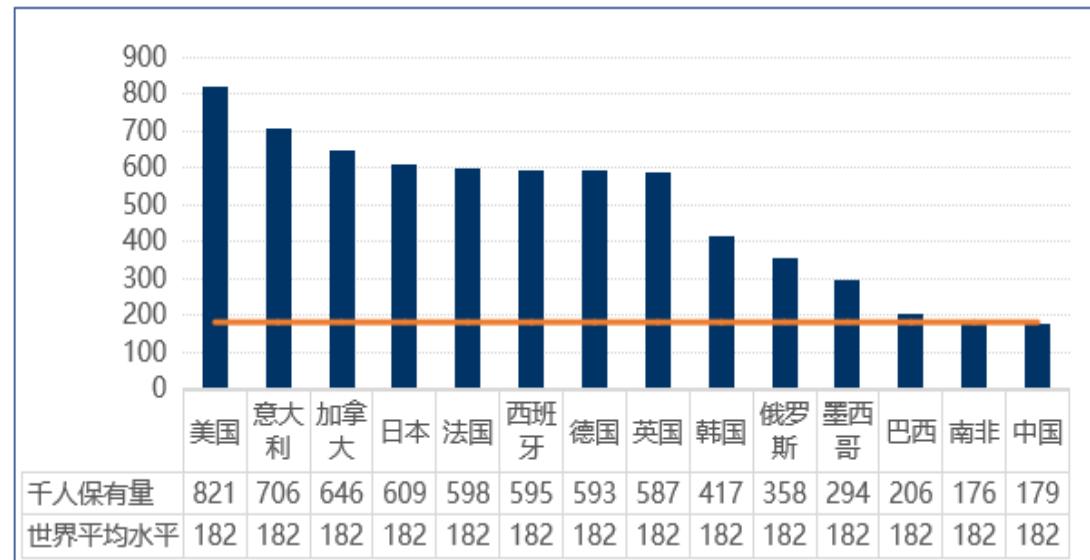
项目背景

汽车产业面临严峻的减排形势

→ 我国以汽车为主体的道路交通在交通领域的排放占比超过82%，我国汽车千人保有量相对较低，碳排放控制面临严峻挑战。



各领域排放变化情况 (2018年相对1990年)



各国汽车保有量对比



汽车产业低碳技术路线图相继发布

→ 中汽学会受相关部委委托，相继开展了《汽车产业绿色低碳发展路线图1.0》、《商用车碳中和技术路线图1.0》等相关路线图及政策的研究工作，同时，正在开展汽车及动力电池低碳技术研究。





双碳成为未来驱动轻量化技术发展的重要因素

→ 轻量化联盟负责汽车产业链阶段的双碳研究工作，产业链阶段碳排放仍面临着行业家底未摸清等问题。



1 支撑政府政策研究

- ✓ 2021年，汽车产业碳中和路线图研究
- ✓ 2022年，商用车碳中和路线图研究
- ✓ 2022年，新能源汽车引领汽车产业绿色低碳转型导论

2 摸清行业真实家底

- ✓ 部件碳排放计算方法?
- ✓ 计算依据数据库?

3 评估技术路径影响

- ✓ 双碳背景下，轻量化技术路线如何选择？欧洲、美国已开展轻量化对碳排放影响相关研究，如2022年，材料生命周期。

预计到2030年，应用低成本轻量化可将欧洲HVD车队的排放量减少约2.1%，到2050年可减少3.7%。



联合工作组成立开展汽车产业链关键轻量化技术碳排放核查研究

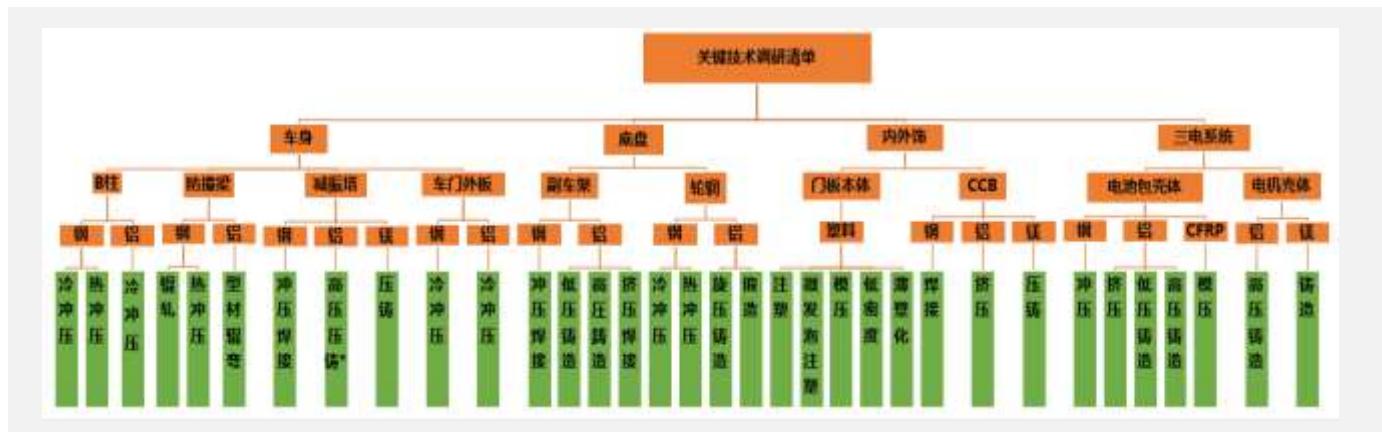
→ 2022年6月，中汽学会、轻量化联盟联合行业成立“汽车产业链关键轻量化技术碳排放核查行业联合研究”工作组。

序号	企业名称
1	鞍山钢铁集团公司
2	宝武钢铁
3	本钢板材股份有限公司
4	北京科技大学
5	北汽研究总院
6	清华大学
7	东风汽车
8	广东豪美新材股份有限公司
9	国创中心先进车用材料技术创新中心
10	吉利汽车
11	奇瑞汽车
12	山东钢铁集团日照有限公司
13	蔚来汽车
14	扬州超峰新材料有限公司
15	中国铝业
16	中国汽车工程研究院股份有限公司
17	中信金属
18	中信戴卡股份有限公司

内容一：开展双碳技术培训



内容三：关键技术碳排放动态核算与方案决策模型



内容二：关键技术路线碳排放核查

CHAPTER 02



关键技术路径碳足迹 评估



1 研究思路

研究主要参照《ISO14067: 2018温室气体-产品碳足迹-量化要求及指南》，计算产品“从摇篮到大门”的碳足迹，并从轻量化、成本和碳排放三个方面综合考量关键轻量化技术路径。

梳理能源及物质投入

均以1产品计		本公司有该工序但没有数据的，请以“*”补充；本公司没有该工序，请以“/”补充									
外购能源	计量单位	单位最低估算值	铝土矿开采	铝土矿精炼	阳极生产	电解铝	初锻铸造	废料制备	变形铝合金	铸造铝合金	其他（请注明，如：总计）
炭煤	t	20.908									
洗精煤	t	26.341									
洗中煤	t	8.363									
焦炭	t	3.363-12.345									
焦炭	kg	28.435									
原油	t	41.816									
燃料油	t	41.816									
汽油	t	43.07									
其他	t										

均以1产品计		本公司有该工序但没有数据的，请以“*”补充；本公司没有该工序，请以“/”补充													
物质投入	计量单位	单位最低估算值	铝土矿开采	铝土矿精炼	阳极生产	电解铝	初锻铸造	废料制备	热轧	冷轧	挤压	精整	定型铸造	成型加工	其他（请注明，如：总计）
铝土矿	t														
氯化铝	t														
铝阳极	t														
氯化镁	t														
烧碱	t														
石灰石	t														



计算各工艺环节碳排放强度



轻量化、成本和碳排放综合评价

- ✓ 确定方案成本比较计算基准
- ✓ 采用与基准方案的相对值进行比较
- ✓ 采用蛛网图展示不同方案对比

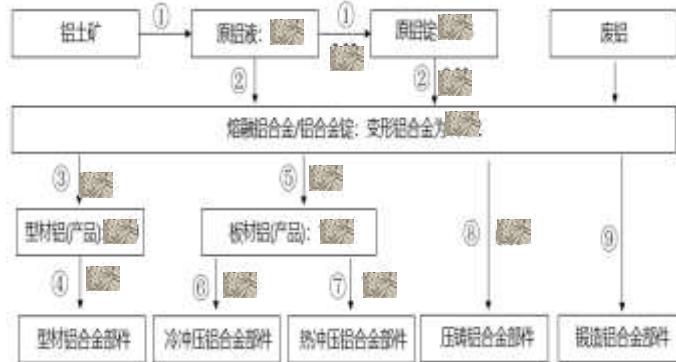
依据关键轻量化部件方案计算零部件碳排放

- ✓ 确定核算环节、前提条件等部件核算思路
- ✓ 确定可对比的轻量化方案
- ✓ 计算中考虑不同部件的再生料使用及材料利用率

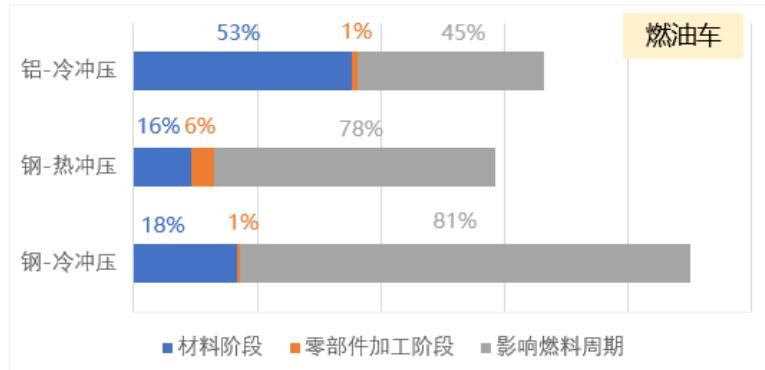


2 研究成果概述

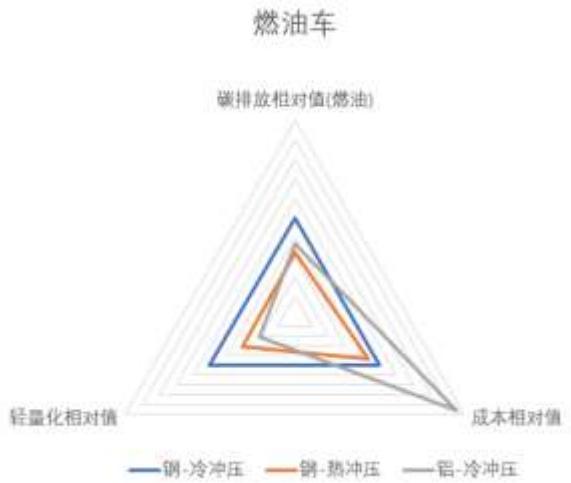
□ 基于国内实际能源情况及工艺水平形成了汽车轻量化常用材料及工艺的碳足迹因子（现状及2030年预测），对部件不同技术路径进行综合评估，支持企业在不同场景下选择合适技术方案。



基于产业链的碳足迹因子
(以铝合金部件为例, 现状
及2030年预测值)



部件不同技术路线碳排放及
各环节占比情况 (现状及
2030年预测)



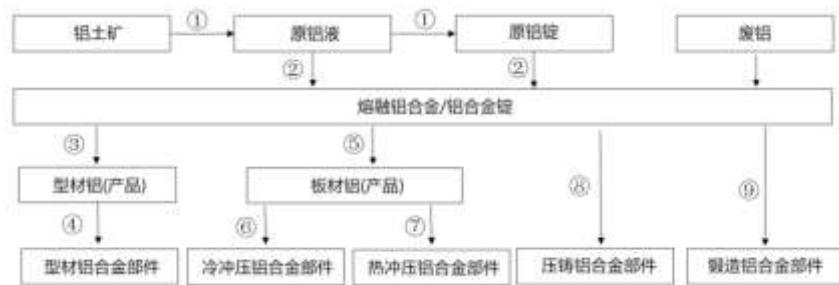
碳排放-轻量化-成本综合评
估



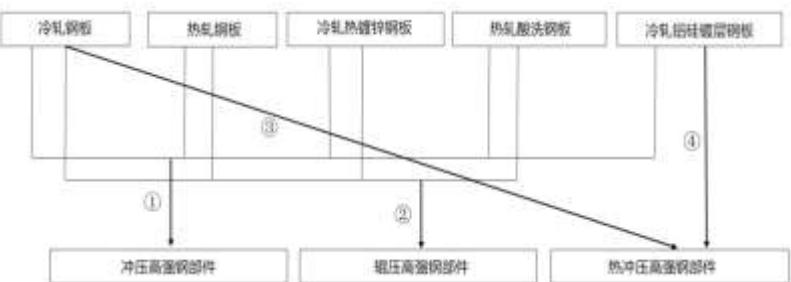
3 研究成果-产业链碳足迹因子

根据研究需求，调研场景数据并核算了从基础原材料、材料产品、成型工艺到部件的全链条碳足迹因子。

铝合金材料及加工工艺



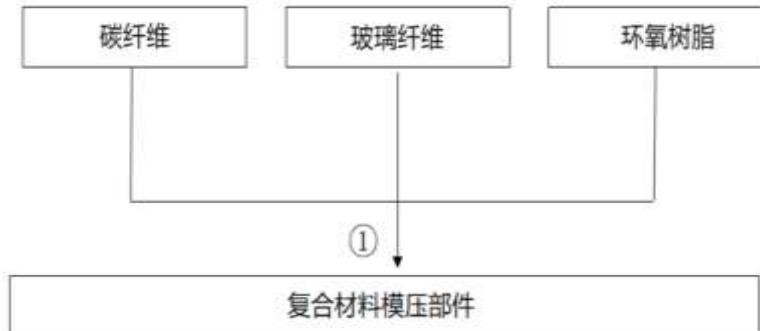
钢铁材料及加工工艺



镁合金材料及加工工艺



复合材料及加工工艺



塑料及加工工艺



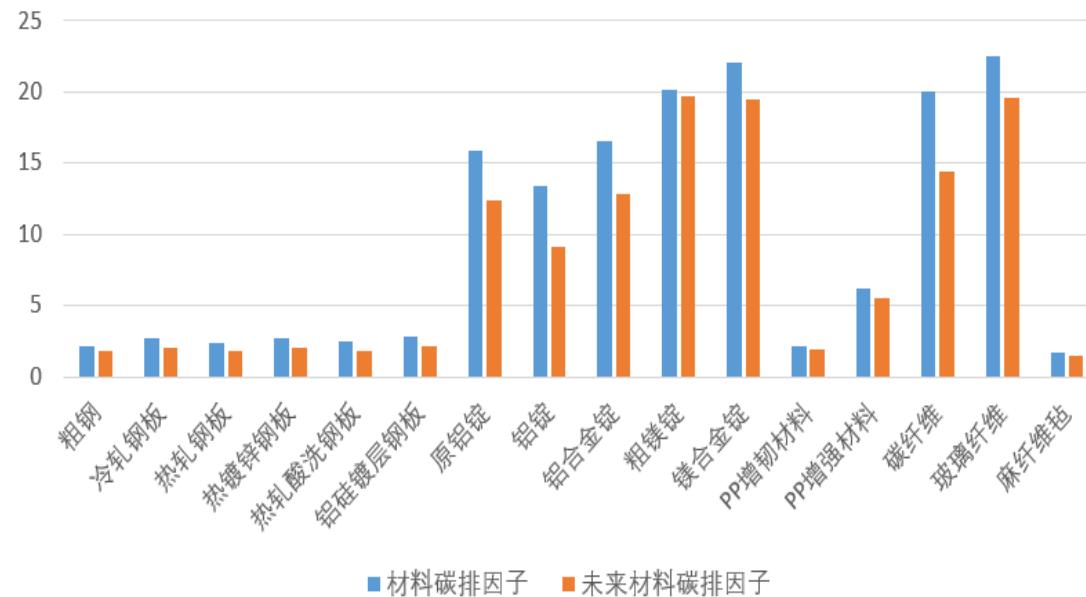
生物基复合材料

及加工工艺

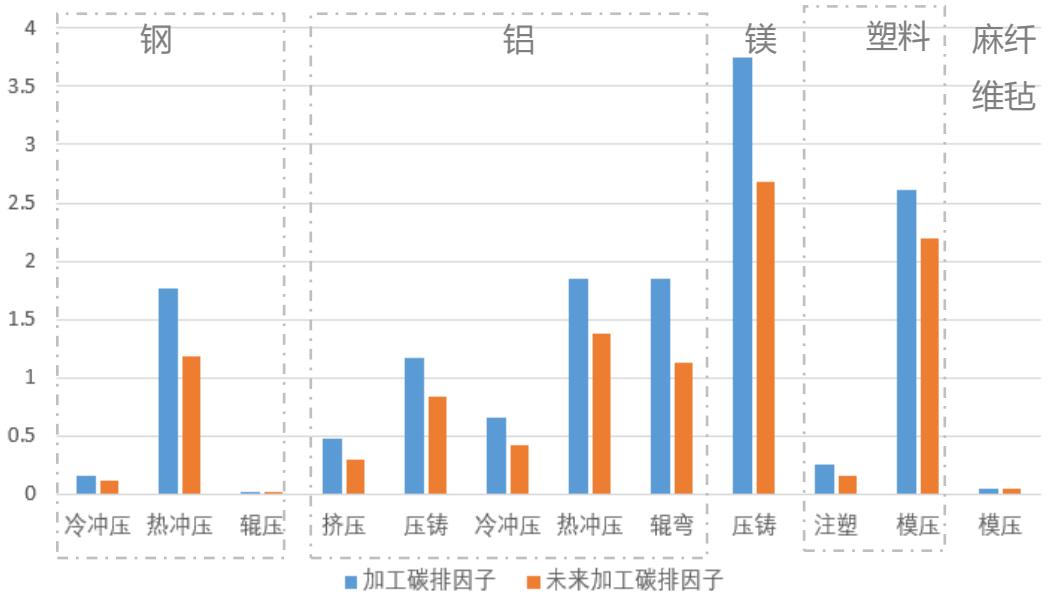
3 研究成果-产业链碳足迹因子

通过对2030年再生材料应用水平及电力结构的发展研究，形成了材料及加工工艺的预测碳足迹因子。

关键材料碳足迹因子预测



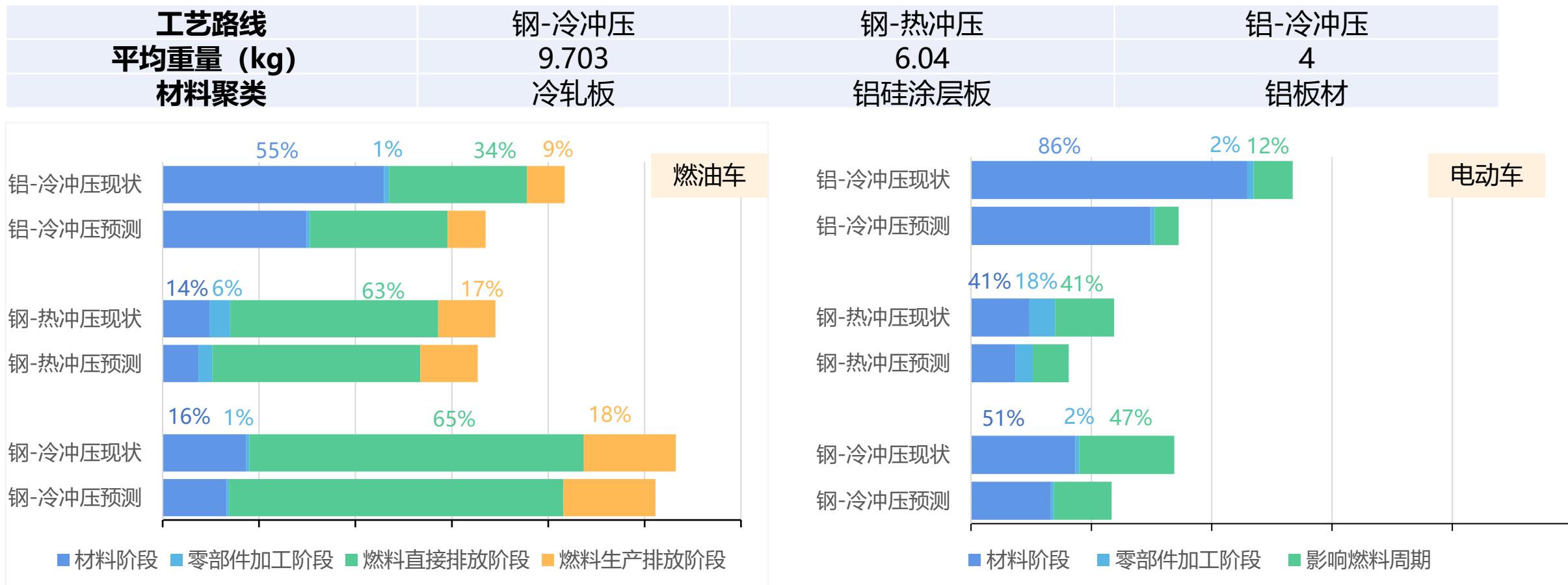
加工工艺碳足迹因子预测



- ✓ 材料的碳足迹因子降低幅度从3%-32%不等。主要受电力清洁化及再生材料应用影响。铝锭受电力清洁化影响最大，降幅最高。
- ✓ 部件加工工艺的碳足迹因子降幅范围为16%-40%。主要受能源低碳化的影响。

3 研究成果-部件核算案例1：B柱

- 燃油车：**与“钢-冷冲压”基准路线相比，热冲压B柱为其65%，铝-冷冲压为其78%；与现状相比，“钢-冷冲压”、“钢-热冲压”、“铝-冷冲压”分别降低了4%、5%、20%，主要得益于生产阶段的碳足迹下降了20%以上。
- 电动车：**与基准路线相比，热冲压B柱为其70%，铝-冷冲压为其158%。与现状相比，“钢-冷冲压”、“钢-热冲压”、“铝-冷冲压”分别降低了31%、32%、35%，电力碳足迹因子的降低影响显著。

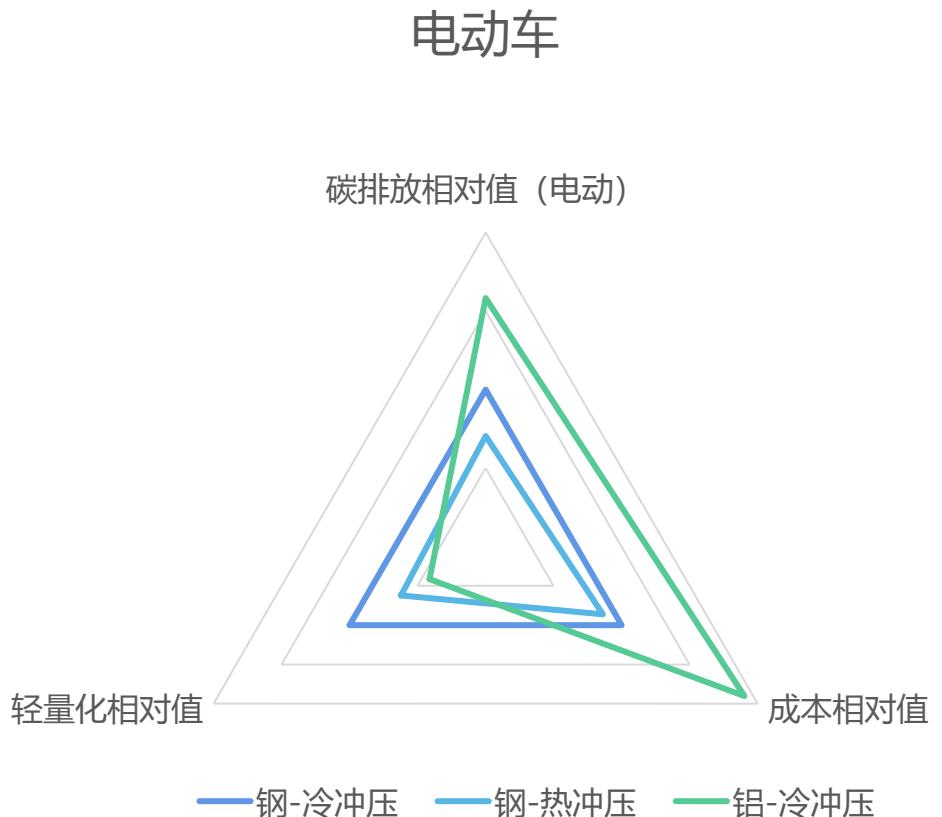
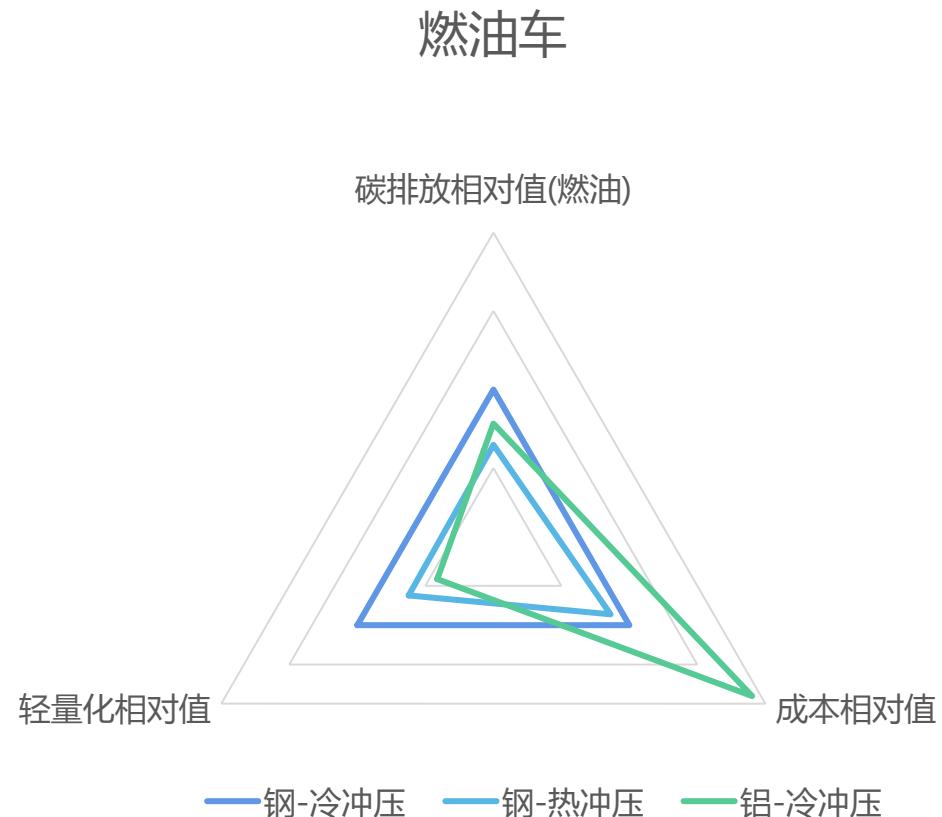


注：上图所标比例为现状各阶段占比



3 研究成果-部件核算案例1：B柱

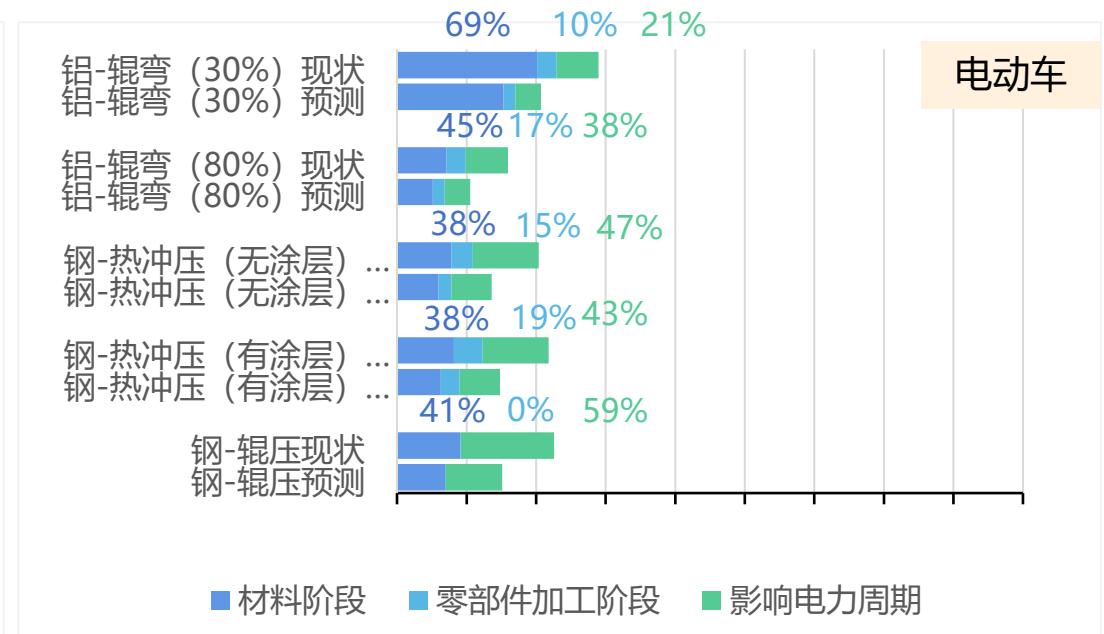
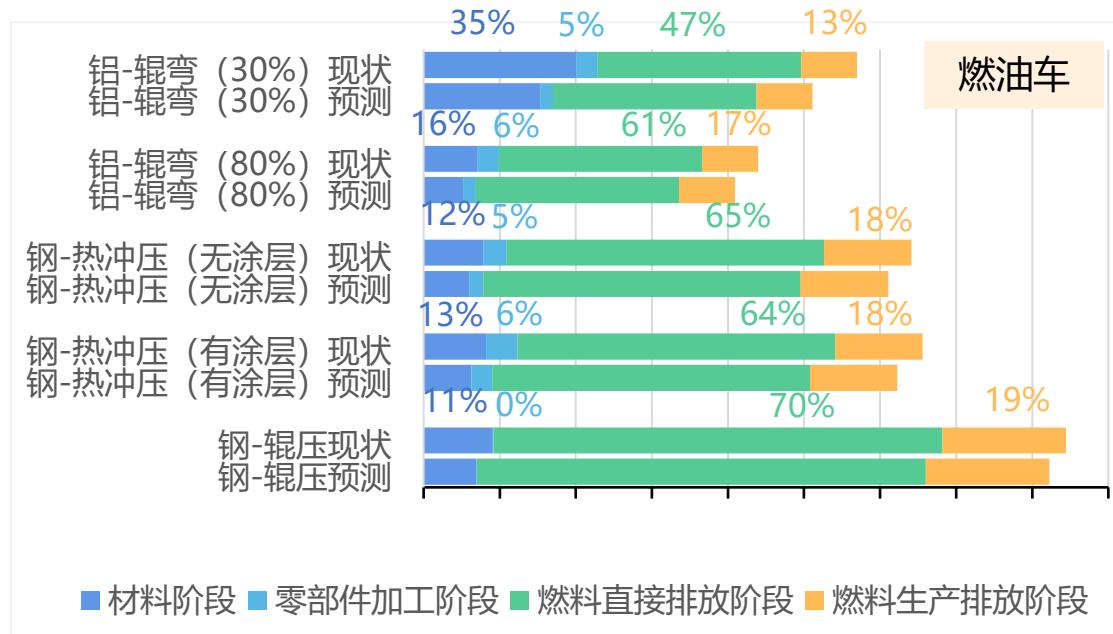
从双碳和成本出发，热冲压方案最具优势，从节能考虑，冷冲压铝合金方案最有优势。



3 研究成果-部件核算案例2：防撞梁

- 燃油车：与“钢-辊压”基准路线相比，热冲压防撞梁为其77%，铝-辊弯为其52%；与现状相比，各方案分别降低了3%、5%、5%、10%，根据预判，再生铝含量普遍达到50%，较铝-辊弯(30%)现状降低17%。
- 电动车：与基准路线相比，热冲压防撞梁为其97%，铝-辊弯为其71%；与现状相比，各方案分别降低了33%、32%、33%、29%，铝-辊弯(50%)较铝-辊弯(30%)现状降低43%。

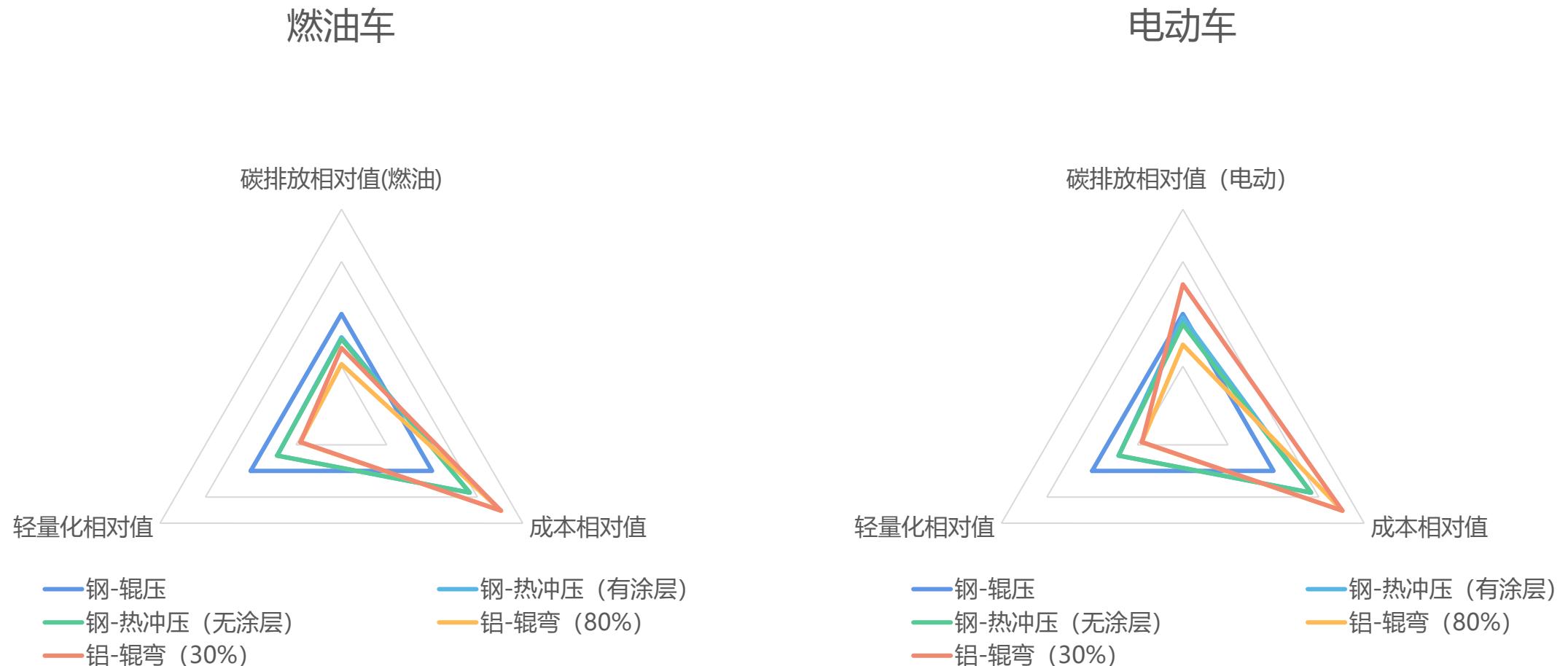
工艺路线	钢-辊压	钢-热冲压	钢-热冲压	铝-型材辊弯
平均重量 (kg)	6.6	4.67	4.67	2.99
材料聚类	冷轧钢	铝硅涂层	冷轧钢	铝型材



注：上图所标比例为现状各阶段占比

3 研究成果-部件核算案例2：防撞梁

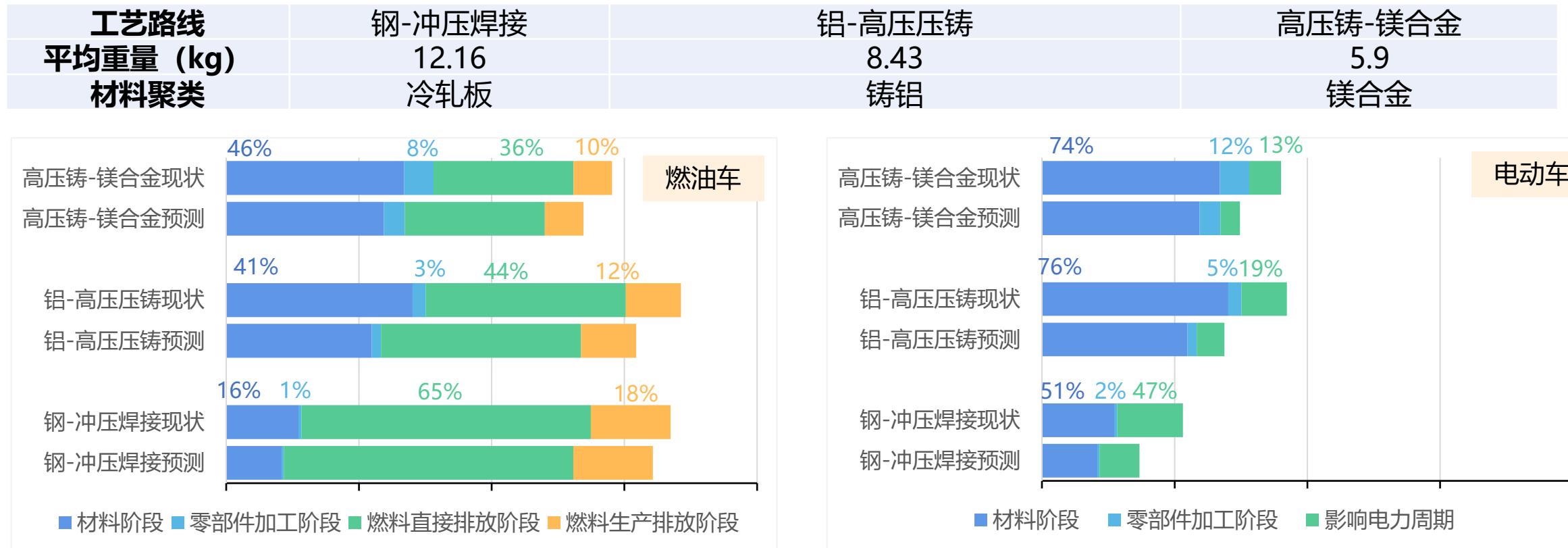
□ 从碳排放、成本和轻量化各维度，燃油车与电动车表现出大致相同的趋势，铝辊弯防撞梁在轻量化和碳排放方面优于其他方案，但成本最高。





3 研究成果-部件核算案例3：减震塔

- 燃油车：与“钢-冲压焊接”基准路线相比，铝-高压压铸减震塔为其102%，镁-高压压铸为其87%；与现状相比，各方案分别降低了4%、10%、7%。铝-高压压铸从高于基准方案转变低于基准方案。
- 电动车：与“钢-冲压焊接”基准路线相比，铝-高压压铸减震塔为其174%，镁-高压压铸为其170%；与现状相比，各方案分别降低了31%、26%、17%。不同于燃油车镁-高压压铸为最优方案，电动车中碳足迹最高。

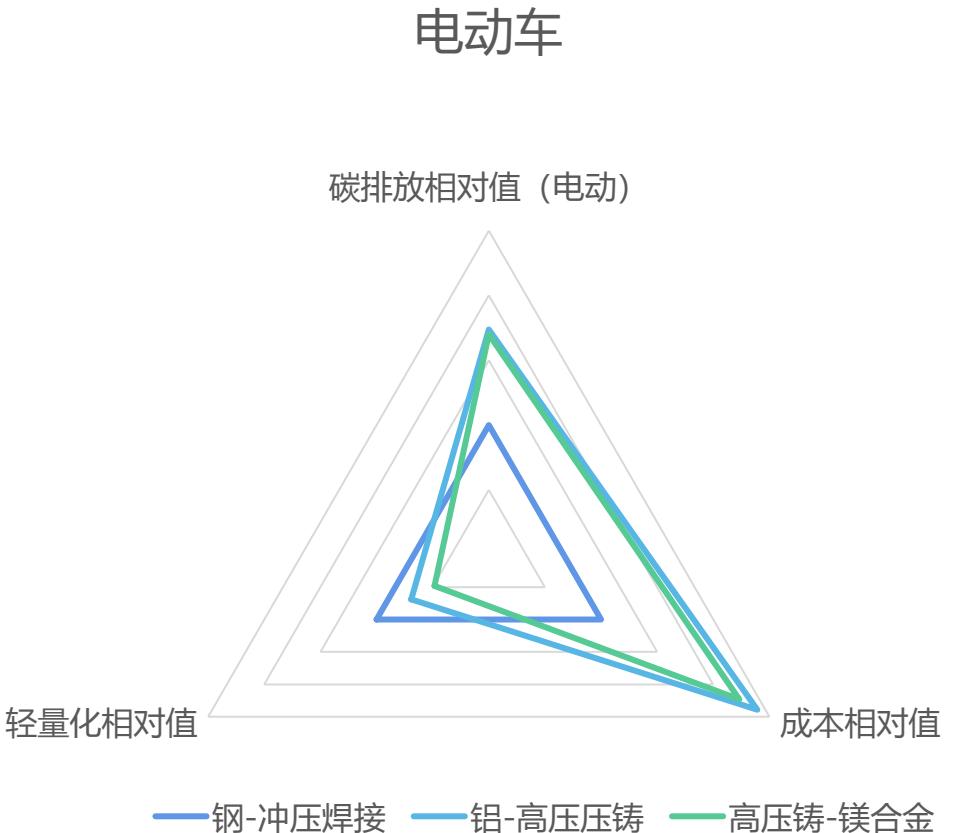
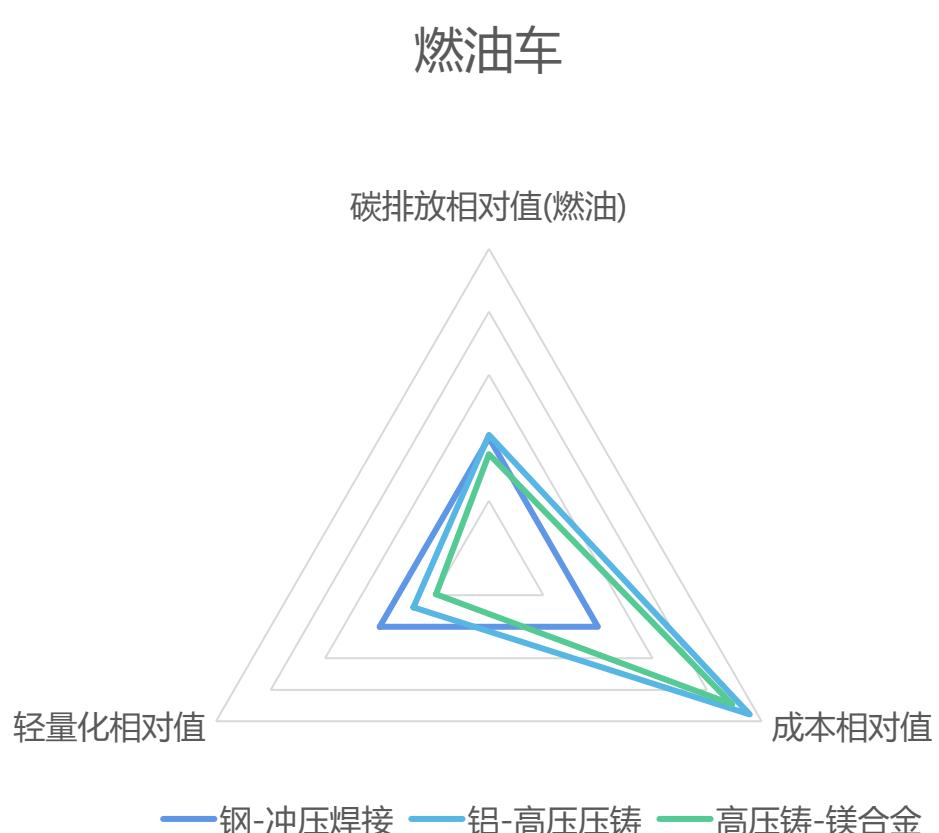


注：上图所标比例为现状各阶段占比



3 研究成果-部件核算案例3：减震塔

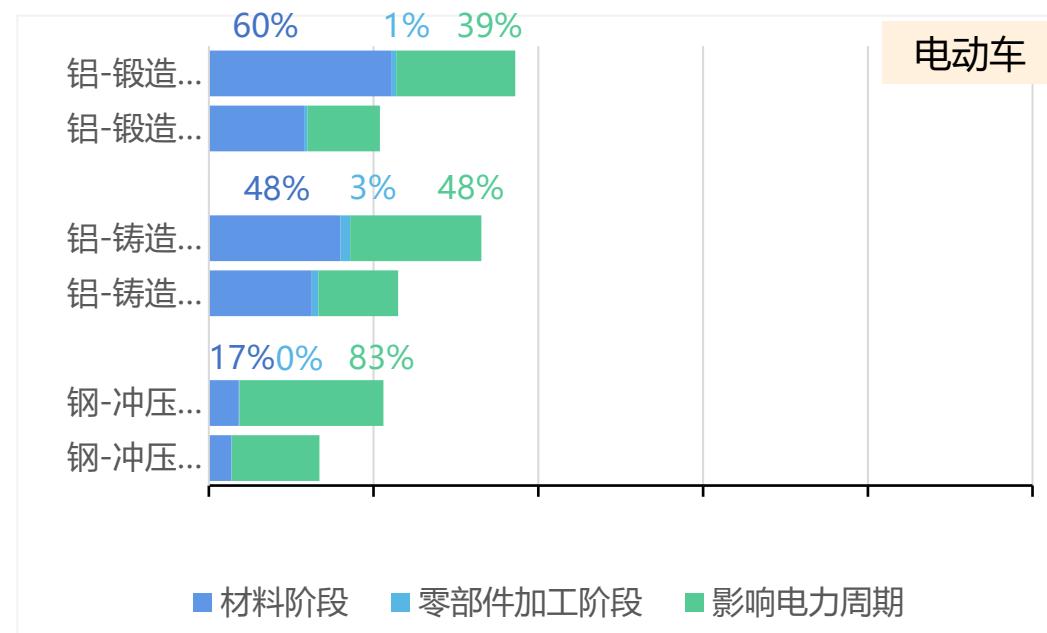
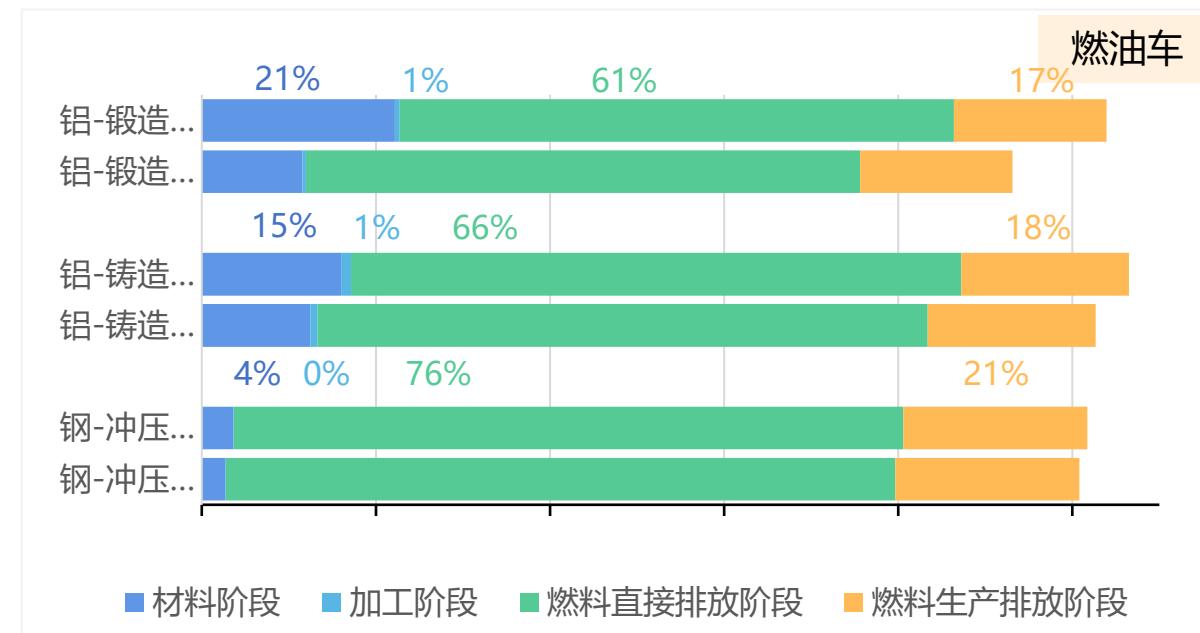
从碳排放、成本和轻量化各维度，燃油车与电动车表现出大致相同的趋势，钢-冲压焊接方案在碳足迹和成本方面最具优势；在轻量化方面，镁合金-高压压铸方案最有优势。



3 研究成果-部件核算案例4：轮毂

- 燃油车：与“钢-冲压”基准路线相比，铝-铸造/铝-锻造分别为其105%/102%；与现状相比，各轮毂方案碳足迹分别降低了1%、4%、10%。燃料阶段碳足迹占绝对比重，电力及再生料影响较小。
- 电动车：与“钢-冲压”基准路线相比，铝-铸造/铝-锻造分别为其156%/176%；与现状相比，各方案碳足迹分别降低了37%、31%、44%。

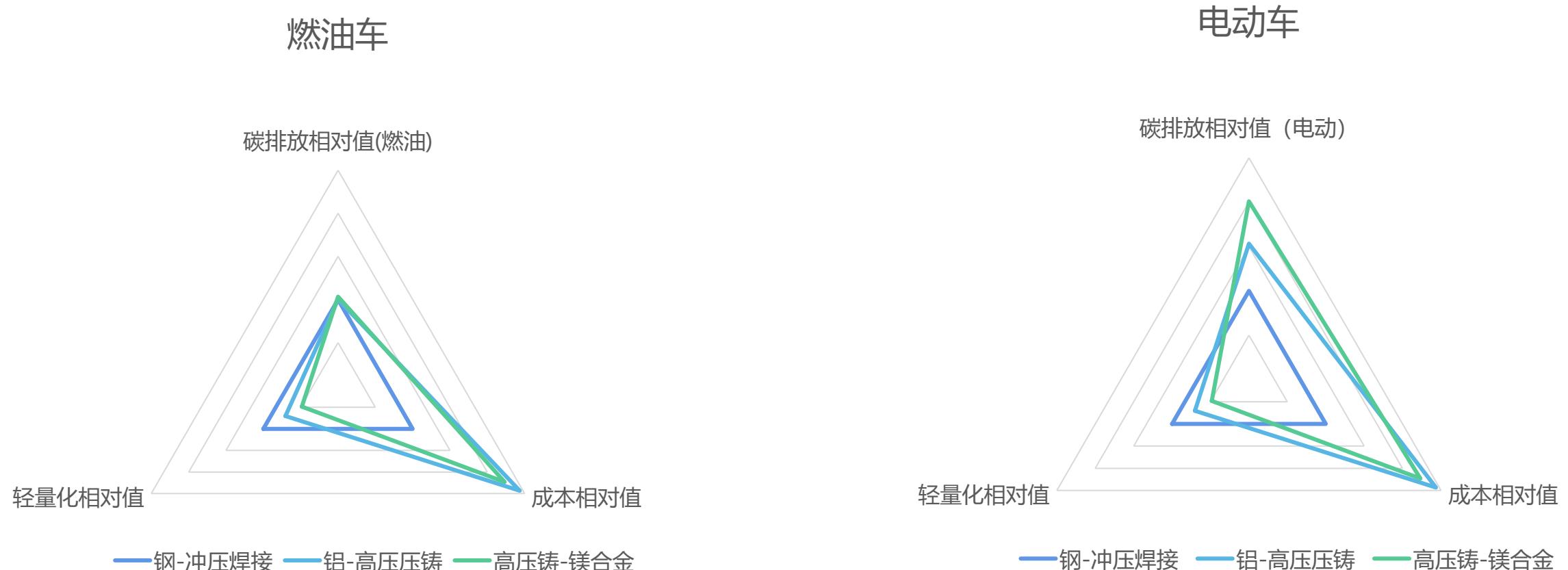
工艺路线	钢-冲压	铝-铸造
平均重量 (kg)	10.75	9.8
材料聚类	热轧板	铸铝



注：上图所标比例为现状各阶段占比

3 研究成果-部件核算案例4： 轮毂

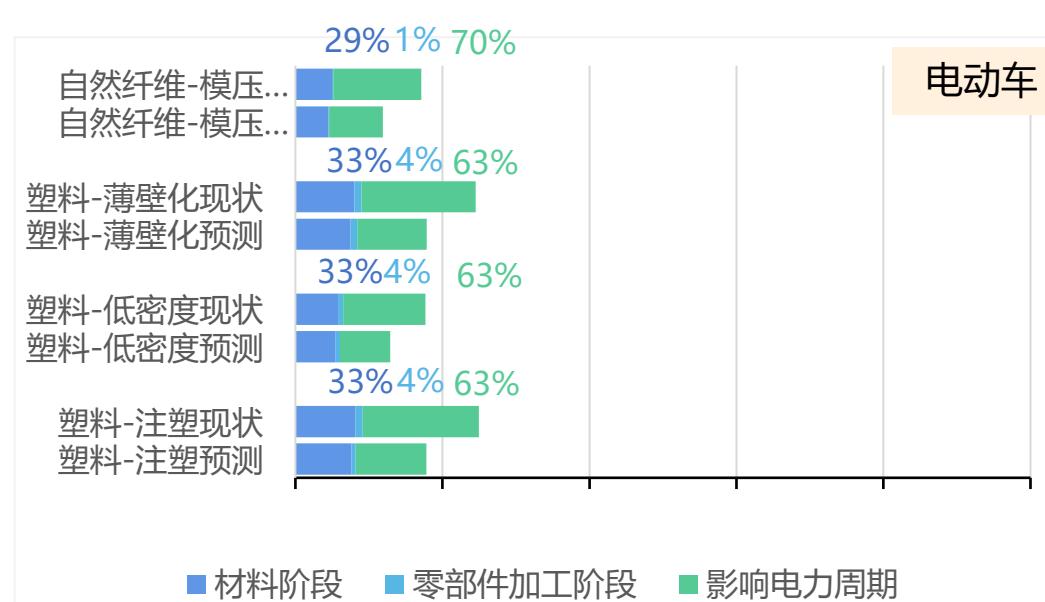
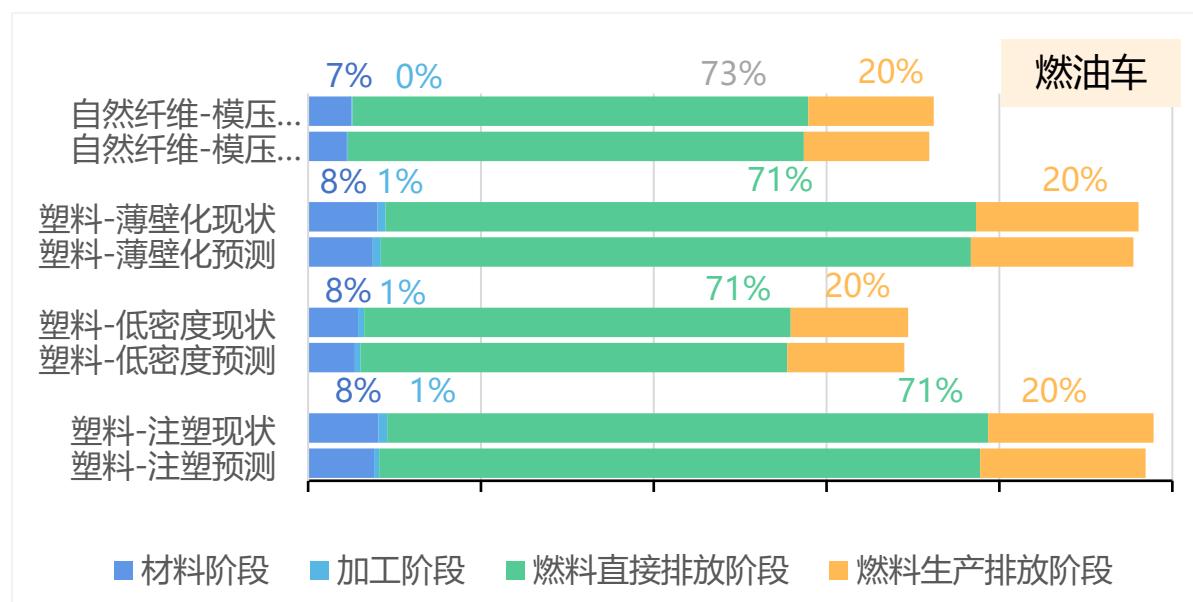
从碳排放、成本和轻量化各维度，燃油车与电动车表现出大致相同的趋势，在碳足迹和轻量化方面，“钢-冲压”与“铝-铸造”相近且各有优势，在成本方面，铝-铸造方案更优。



3 研究成果-部件核算案例5：车门内护板

- 燃油车：与“塑料-注塑”基准路线相比，塑料-低密度为其71%，塑料-薄壁化为其98%，自然纤维-模压为其74%；与现状相比，四条技术路线分别降低了1%、1%、1%、1%。塑料-低密度为最优方案。
- 电动车：与基准路线相比，塑料-低密度为其71%，塑料-薄壁化为其98%，自然纤维-模压为其69%；与现状相比，四条技术路线分别降低了29%、27%、27%、31%。自然纤维-模压为最优方案。

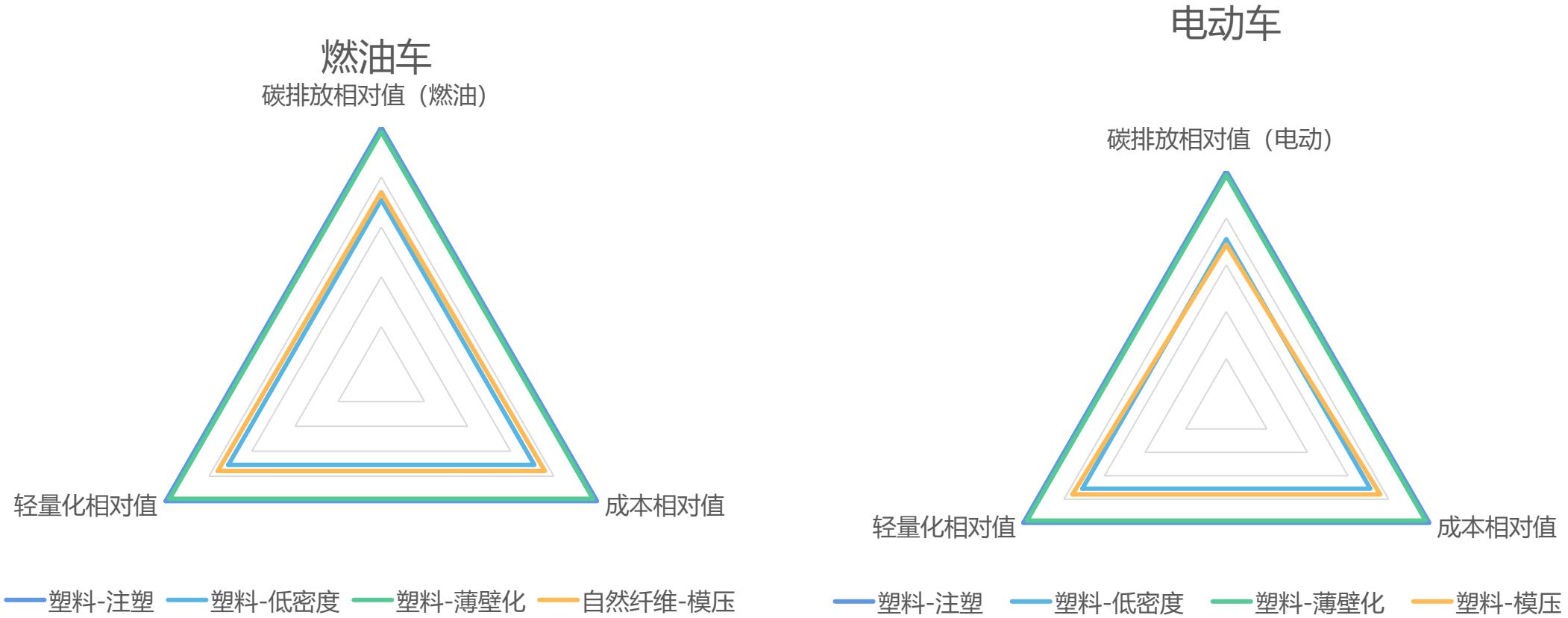
工艺路线	塑料-注塑	塑料-低密度	塑料-薄壁化	自然纤维-模压
平均重量 (kg)	3.89	2.76	3.82	2.95
材料聚类	PP	PP	PP	自然纤维



注：上图所标比例为现状各阶段占比

3 研究成果-部件核算案例5：车门内护板

从碳排放、成本和轻量化各维度，燃油车与电动车表现出大致相同的趋势，塑料-低密度方案在重量、碳足迹及成本方面都比其他方案更优化。



CHAPTER
03

汽车行业碳足迹评估
平台



1 系统概述

□ 汽车行业碳足迹评估平台：建设了基础数据库、碳足迹核算、碳足迹预测等关键模块，可实现材料、工艺、能源碳足迹因子的查询，不同技术方案的核算、预测及对比，企业数据的提交与发布等功能。

The screenshot shows the homepage of the "Automotive Carbon Footprint Assessment Platform". On the left is a green sidebar menu with options: 基础数据库 (Foundation Database), 未来预测数据 (Future Prediction Data), 碳足迹核算 (Carbon Footprint Calculation), 系统设置 (System Settings), and 我的收藏 (My Favorites). The main content area has a title bar with 首页 (Home) and a user icon. Below is a table showing permissions for various modules across different roles: Super Administrator, Administrator, General User, and Guest.

模块	功能	平台			企业		游客
		超级管理员	管理员	一般用户	管理员	一般用户	
基础数据库	查看	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
	搜索	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
	新增	√	√	✗	✗	✗	首页查看, 功能不可用
未来预测数据库	查看	√	√	√	/	/	/
	搜索	√	√	√	/	/	/
	新增	√	√	✗	/	/	/
碳足迹核算	新建方案	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
	核算列表	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
	未来预测	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
系统设置	用户管理	√	✗	✗	/	/	/
	参数管理	√	✗	✗	/	/	/
	数据审核	√	✗	✗	/	/	/
我的收藏	收藏夹	√	√	√	√	√	首页查看, 功能不可用
我的数据库	所有功能	/	/	/	√	✗	首页查看, 功能不可用
企业用户管理	所有功能	/	/	/	√	✗	首页查看, 功能不可用

On the right, four callout boxes highlight features: 因子查询 (Factor Query), 碳足迹核算 (Carbon Footprint Calculation), 碳足迹预测 (Carbon Footprint Prediction), and 技术评估与决策 (Technical Evaluation and Decision Making).



2 模块介绍-基础数据库

- 基础数据库分5个子库：材料数据库、零部件加工数据库、连接工艺数据库、能源直接排放数据库、能源生产排放数据库；
- 均可通过关键词、材料类别等进行碳排放因子，并查看数据来源、数据边界、修改历史等具体信息。

汽车行业碳足迹评估平台 首页 基础数据库 材料数据库

基础数据库 材料数据库 零部件加工数据库 连接工艺数据库 能源直接排放数据库 能源生产排放数据库

	材料类型名称	具体材料类型	碳排放因子	碳排放因子单位	再生率比例(%)	来源	年份	数据有效截至(年)	说明	数据更新时间	测试	操作
1	纤维材料	碳纤维	2	kgCO ₂ e/kg	11	2024	2029	1	2024-10-18	2	详情	
2	钢铁	冷轧钢板	3	kgCO ₂ e/kg	80	11	2024	2026	2	2024-10-18	详情	
3	钢铁	薄钢带	4	kgCO ₂ e/kg	阿里巴巴	2024	2025	1	2024-10-17	2	详情	
4	纤维材料	碳纤维	2	kgCO ₂ e/kg	阿里巴巴	2024	2025		2024-10-17	2	详情	
5	钢铁	不锈钢	4	kgCO ₂ e/kg	0	阿里巴巴	2024	2025	仅自己可见	2024-10-15	2	详情
6	钢铁	热轧钢板	2	kgCO ₂ e/kg	阿里巴巴	2024	2029	111	2024-10-14	2	详情	
7	钢铁	热轧钢板	3	kgCO ₂ e/kg	阿里巴巴	2024		11	2024-10-14	2	详情	
8	铝 (镁铝)	/	1	kgCO ₂ e/kg	阿里巴巴	2024			2024-10-14	2	详情	
9	天然纤维复合	麻纤维毡	1.69	kgCO ₂ e/kg	平台	2024	2029	麻纤维与P	2024-10-14	2	详情	
10	天然纤维复合	麻纤维	0.063	kgCO ₂ e/kg	平台	2024	2029		2024-10-14	2	详情	

共 35 条 | 分页: 1 2 3 4 > 前往 1 页

详情

材料类别名称: 钢铁 具体材料类型: 铁硅镀层钢板

碳排放因子: 2.81 (kgCO₂e/kg) 再生率比例(%): /

说明: /

年份: 2024 (年) 数据有效截至(年): 2029 (年)

来源: 平台

数据边界

系统边界描述: 从露天到大门
不纳入的生命周期阶段: 下游过程

该图展示了钢铁生产的主要工艺流程：首先，铁矿石通过球团化和烧结进入高炉；随后，高炉产出的生铁进入转炉；转炉的钢水流入连铸机，形成连铸板坯；最后，连铸板坯进入热连轧机组，产出热轧钢板。此外，还显示了热镀锌层钢板及钢带的生产路径，涉及热镀锌机组和冷连轧机组。

边界及核算品项:

- 本研究中的功能单位为1kg出厂产品。
- 系统边界和核算的“长流程”来备鋼鐵各环节的能量和资源利用产生的直接和间接排放，同时将氧气、氮气的制备考虑其中，不包含道路与厂房的基础设施、常工时的设备、厂区人员及生活设施的消耗和排放。

备注：以上为企业用户界面，未来预测数据库仅在平台用户界面显示。



2 模块介绍-碳足迹核算

输入部件/总成技术方案，可引用平台相关因子，利用评价模型进行产品碳足迹评估，并可进行未来预测及多方案对比。

基础信息输入

基础信息

方案名称：请输入方案名称
部件名称：请输入部件名称
产品总热值(kg)：请输入产品总热值(kg)
方案类型：电动车
方案阶段：材料阶段
加工阶段
燃料直接排放阶段
燃料生产排放阶段

下一步

材料及工艺输入

选择材料

材料 1：
- 材料属性
- 加工属性
- 燃料属性
- 生产属性

选择工艺

工艺 1：
- 工艺属性
- 加工属性
- 燃料属性
- 生产属性

使用能源输入

选择能源

能源 1：
- 选择直接排放系数
- 选择生产排放系数
- 能源上下
- 能源中
- 能源下
- 黄下修正系数 S：4
- 行驶总里程：150000
- 轻量化对燃料的影响因子 L：0.4

上一步





2 模块介绍-我的数据库

□ 企业可以在平台上传数据，在本地进行材料、零部件加工、连接工艺、能源排放因子管理：

- 发布时选“仅自己”，仅该账号可查看并计算引用；
- 发布时选“内部”，该企业内管理的所有用户账号可查看并计算引用。
- 发布时选“平台”，平台审核通过后，所有用户账号均可查看并计算引用。
- 账号可更改数据发布状态(发布到平台的需经平台审核)，信息修改详情将会在修改记录显示。

The screenshot shows the 'My Database' section of the platform. On the left, there's a sidebar with navigation links: 基础数据库, 确定式核算, 我的数据库, 零部件加工数据库, 连接工艺数据库, 能源直接排放数据库, 能源生产排放数据库, 企业用户管理, and 我的收藏. The main area has a title '我的数据库 - 材料数据库'. Below it is a search bar with filters: 关键词, 导入人/发布人, 材料类别, 相关材料, 部件材料类型, 相关系数, 发布范围, and 共享范围. A red box highlights the '+ 新增' button. The main content is a table with columns: 可见范围, 发布状态, 材料类别名称, 部件材料类型, 释放因子单位, 释放因子, 产生耗能率(%), 末期, 年份, 期限有效截至(年), 日期, 期限更新时间, 测试, and 操作. There are 11 rows of data, each with a red border around the '操作' column. At the bottom, there are buttons for '筛选' and '导出'.

The screenshot shows a '新建' (New) dialog box. It has several input fields: 材料类别 (Material Category), 部件材料类别 (Component Material Category), 释放因子 (Release Factor), 释放因子单位 (Release Factor Unit), 产生耗能率(%) (Energy Consumption Rate (%)), 末期 (End Period), 年份 (Year), 期限有效截至(年) (Effective Until Year), 日期 (Date), 测试 (Test), and 操作 (Operation). Below these are sections for '数据来源' (Data Source) and '数据更新频率' (Data Update Frequency). At the bottom, there are buttons for '取消' (Cancel), '重置' (Reset), and '提交' (Submit).



2 模块介绍-其他模块

- 企业用户管理：企业管理员由平台进行注册，注册后企业管理员可管理本企业的账户，进行账户注册管理、密码管理、信息管理、注销管理。
- 我的收藏：可将方案核算结果、预测结果、方案对比结果添加到收藏中。

The screenshot displays two main sections of the CAE Platform interface:

- Left Panel (Enterprise User Management):** Shows a list of users with columns for Name, ID, Email, and Status. A modal window titled "新增" (Add New) is open, prompting for details: 账号 (Account), 密码 (Password), 公司 (Company), 姓名 (Name), 岗位 (Position), 电话 (Phone), and 部门 (Department). Buttons for "提交" (Submit) and "取消" (Cancel) are at the bottom.
- Right Panel (Favorites):** Shows a list of saved items under the heading "我的收藏" (My Favorites). The items include:
 - 核算结果 (Calculation Result):
 - 燃油经济性 (Fuel Economy): Created at 2024-05-16 15:31:30
 - 燃油经济性 (Fuel Economy): Created at 2024-05-16 15:17:07
 - 预测结果 (Prediction Result):
 - 方案对比 (Comparison Result):

A blue circular arrow icon is positioned between the two panels, indicating a relationship or flow between them.



3、平台发展

□ “汽车行业碳足迹评估平台”定位于建设汽车产品碳足迹合规研发支持平台，支持企业在研发阶段进行碳足迹评估、方案决策及合规改进。一期开发完成后，会持续进行数据和功能方面的升级优化。



目前，平台一期已开发完成，调研实景数据已入库，可实现部件/总成级别的碳足迹现状及预测计算分析。

CHAPTER

04



总结与展望

小结



不同的管理要求，
技术策略不同

燃油车零部件核算的碳足迹高于电动车，生产阶段占比低于电动车

不同材料均有合
适的应用场景

传统观念中，铝合金、镁合金碳足迹因子高，热冲压等加热环节碳排放高，但在合适场景下，具有良好的降碳效益。

设计、制造和管
理水平对减碳效
果有显著影响

材料利用率、工
艺出品率、能源
应用管理方式、
原料供给方式等
有明显影响。

面向循环低碳的
闭环产业链体系
是关键

再生料具有良好
的减碳效益。循
环经济方法可以
帮助汽车行业将
每乘客公里的生
命周期碳排放量
减少多达 75%。

30年各技术路
线趋势与当前相
似，差距明显缩
小

2030年，各材料
及工艺的碳足迹
因子均有不同程
度降低，不同技
术路线之间的差
距逐步缩小。

企业着力提升轻量化结构设计水平、制造工艺水平与管理水平，与产业链协同降碳，面向不同时期的管理要求，结合部件场景选用合适的技术路线。

展望及计划



中国汽车工程学会
China Society of Automotive Engineers



□ 2025年，启动“汽车绿色产业链联创共同体”筹建工作，以3年为研究周期持续开展绿色汽车产业链相关研究工作，第一个研究周期将共同围绕“环境足迹”开展研究，支持企业合规性研发设计研究。



打造循环低碳的汽车产业链是走向汽车碳中和的必然选择，必需整合产业链资源，加强合作协同，共同推动汽车绿色产业链构建和中国汽车产业的可持续发展。

感谢观看

构筑汽车工程师之家 打造研究型科技社团



贾彦敏
国汽轻研院 副部长

中汽学会，轻量化联盟

TEL:17710205665

E-mail: jym@sae-china.org

