



2023

节能与新能源汽车技术路线图

年度评估报告

-简版报告-

中国汽车工程学会

国汽战略研究院

2023年12月

课题组

评估专家委员会

节能汽车：汪正胜、冯静、占文锋、帅石金、付铁军、张彤、翁明盛、任卫群、郭文军

纯电动和插电式混合动力汽车：张俊智、凌和平、祁宏钟、林程、叶晓明、邹慧明、侯杰、张兆龙、唐风敏、
彭超

氢燃料电池汽车：徐梁飞、何广利、俞红梅、马天才、章俊良、魏学哲

智能网联汽车：公维洁、高博麟、毕波、张洋、吕颖、唐风敏、郭钢、陈渝、孙鸣乐、胡金玲、杜孝平、
曹耀光、汤咏林、张正烜、朱西产

汽车动力蓄电池：肖成伟、孟祥峰、孙华军、徐兴无、袁徐俊、苗艳丽、熊瑞、阳如坤、王芳、吴凡

新能源汽车电驱动总成系统：贡俊、蔡蔚、张舟云、于海生、赵慧超、王健、温旭辉、钟再敏

充电基础设施：邵浙海、杨潮、徐泉、彭鹏、李立理、王丽芳、兰志波、彭文科、毛宗龙、傅晶、王明才

汽车轻量化：刘波、陈云霞、康明、任鹏、王建峰、鲁后国、王利、易红亮、蒋斌、赵丕植、程志毅、
李永兵、孙凌玉、李菁华、闵峻英

汽车智能制造与关键装备：李峰、胡新意、侯若明、邹尚博、李世德、廖政高、杜阿卫、廖双红

评估工作组

组长/副组长：侯福深、赵立金、郑亚莉、张博、李晓龙、杨洁、王利刚

组员：林艳、陈敏、杨耀坤、赵森、曲婧瑶、孙旭东、赵迁、胡进永、张泽忠、段聪、任英杰、贾彦敏、
孙权友、刘洋

鸣谢单位

整车企业：

中国第一汽车股份有限公司	东风汽车集团有限公司	重庆长安汽车股份有限公司
北京汽车集团有限公司	上海汽车集团股份有限公司	广州汽车集团股份有限公司
比亚迪汽车工业有限公司	浙江吉利控股集团有限公司	长城汽车股份有限公司
安徽江淮汽车集团股份有限公司	奇瑞汽车股份有限公司	上汽通用五菱汽车股份有限公司
蔚来控股有限公司	北京车和家汽车科技有限公司	广州小鹏汽车科技有限公司
华人运通控股有限公司	合众新能源汽车股份有限公司	郑州宇通集团有限公司
南京金龙客车制造有限公司	厦门金龙联合汽车工业有限公司	佛山市飞驰汽车科技有限公司
丰田汽车研发中心（中国）有限公司	北汽蓝谷新能源科技股份有限公司	广汽埃安新能源汽车股份有限公司
深蓝汽车科技有限公司	奇瑞新能源汽车技术有限公司	一汽解放汽车有限公司
东风商用车有限公司	北汽福田汽车股份有限公司	

零部件企业：

中汽创智科技有限公司	宁德时代新能源科技股份有限公司	弗迪电池有限公司
中创新航科技股份有限公司	合肥国轩高科动力能源有限公司	天津力神电池股份有限公司
蜂巢能源科技股份有限公司	珠海冠宇电池有限公司	江西赣锋锂电科技股份有限公司
天津市贝特瑞新能源科技有限公司	广州天赐高新材料股份有限公司	河北金力新能源科技股份有限公司
深圳吉阳智能科技有限公司	华霆（合肥）动力技术有限公司	广州巨湾技研有限公司
安徽盟维新能源科技有限公司	格林美股份有限公司	蓝谷智慧（北京）能源科技有限公司
中科海钠科技有限责任公司	北京昇科能源科技有限责任公司	上海琪埔维半导体有限公司

重庆凯瑞动力科技有限公司	盛瑞传动股份有限公司	浙江万里扬股份有限公司
奥特佳新能源科技股份有限公司	三一集团有限公司	贵州翰凯斯智能技术有限公司
广州瑞立科密汽车电子股份有限公司	上海利氟科技有限公司	威灵控股有限公司
北京京深深向科技有限公司	北斗星通智联科技有限责任公司	北京地平线机器人技术研发有限公司
华为技术有限公司	南京芯驰半导体科技有限公司	商汤集团有限公司
武汉梦芯科技有限公司	西部科学城智能网联汽车创新中心 (重庆) 有限公司	中信科智联科技有限公司
易图通科技(北京)有限公司	赢彻科技(上海)有限公司	海德利森氢能产业集团
上海舜华新能源系统有限公司	北京天海工业有限公司	北京海珀尔能源管理有限公司
江苏国富氢能技术装备有限公司	海德氢能科技(江苏)有限公司	北京亿华通科技股份有限公司
佛吉亚斯林达安全科技 (沈阳)有限公司	上海氢枫能源技术有限公司	广东国鸿氢能科技有限公司
上海重塑能源科技有限公司	新源动力股份有限公司	上海氢晨新能源科技有限公司
上海捷氢科技有限公司	上海骥翀氢能科技有限公司	深圳市通用氢能科技有限公司
国家电投集团氢能科技发展有限公司	势加透博洁净动力如皋有限公司	如果科技有限公司
上海济平新能源科技有限公司	北京卡文新能源汽车有限公司	中信金属股份有限公司
宝山钢铁股份有限公司	中国铝业集团有限公司	玛斯特轻量化科技(天津)有限公司
鞍钢股份有限公司	凌云工业股份有限公司	苏州亿创特智能制造有限公司
育材堂(苏州)材料科技有限公司	航宇智造(北京)工程技术有限公司	四川佳宝科技有限公司
武汉上善仿真科技有限责任公司	开迈斯新能源科技有限公司	上海快卜新能源科技有限公司
深圳市镭神智能系统有限公司	中国普天信息产业股份有限公司	深圳市永联科技股份有限公司
特来电新能源股份有限公司	万帮数字能源股份有限公司	奥动新能源汽车科技有限公司
杭州伯坦动力科技有限公司	上海电驱动股份有限公司	合肥阳光电动力科技有限公司

珠海英搏尔电气股份有限公司	安徽易唯科电机科技有限公司	陕西法士特齿轮有限责任公司
特百佳动力科技股份有限公司	苏州绿控传动科技有限公司	北京理工华创电动车技术有限公司
浙江盘毂动力科技有限公司	北京索德电气工业有限公司	中国宝武钢铁集团有限公司
中国首钢集团	韵升控股集团有限公司	北京中科三环高技术股份有限公司
安泰科技股份有限公司	苏州巨峰电气绝缘系统股份有限公司	芜湖人本轴承有限公司
哈尔滨轴承集团公司	北京维通利电气股份有限公司	斯达半导体股份有限公司
烟台东星磁性材料股份有限公司	株洲中车时代半导体有限公司	深圳基本半导体有限公司
中电国基南方集团有限公司	厦门法拉电子股份有限公司	上海鹰峰电子科技股份有限公司
紫光同芯微电子有限公司	苏州旗芯微半导体有限公司	芯路通讯科技有限公司

高校和科研院所:

中国汽车技术研究中心有限公司	中国汽车工程研究院股份有限公司	中国科学院物理研究所
国家智能网联汽车创新中心	中国电子科技集团有限公司第十八研究所	清华大学
北京航空航天大学	北京理工大学	上海交通大学
吉林大学	同济大学	重庆大学
东北大学	广东技术师范大学	

中国汽车工程学会于 2023 年 7 月启动了《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》（以下简称“技术路线图 2.0”）2023 年度评估工作，通过搭建跨行业参与的研究专家团队，形成由高层次行业专家组成的指导委员会、由路线图专家组组长组成的战略合作咨询组、由国汽战略院研究人员为主的研究工作组，从政策、产业、技术等多个维度开展年度评估工作。年度评估旨在《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》的基础上，面向技术路线图 2.0 目标，通过全面深度的调研，动态评估 2022-2023 年以来节能与新能源汽车 9 大领域的技术进展，研判技术动向与发展趋势，开展标志性进展评选活动，摸清各领域达成技术路线图规划目标面临的问题与挑战，结合未来发展趋势提出汽车技术创新方向指引，针对产业发展问题提出战略支撑建议，最终形成了 2023 年度技术路线图 2.0 九大领域评估报告。

本报告构建了“综合评估报告全面洞察、专题评估报告深刻聚焦、技术创新方向权威引领”三位一体的研究体系。其中，综合评估报告围绕产业动向、技术进展、战略措施等情况，聚焦节能与新能源汽车产业技术发展情况，开展了全面综合地总体评估；专题评估报告对节能汽车、纯电动和插电式混合动力汽车、燃料电池汽车、智能网联汽车、动力电池技术、汽车轻量化技术等 9 大重点领域的年度技术进展和目标实现程度进行了评估；技术创新战略与保障建议主要关注汽车产业创新发展需求和技术发展趋势，基于达成路线图目标面临的问题，结合行业权威专家观点分析，面向政府、行业、企业提供战略支撑和保障建议。

目 录

一、 2023 年评估工作开展情况	1
(一) 路线图评估组织架构	1
(二) 评估方式与开展过程	1
(三) 标志性技术评选流程与标准	2
二、 2023 年汽车产业迎来产业变革和产业生态重塑的关键节点	2
(一) 各国政府积极推动传统内燃机低碳化和零碳内燃机发展	3
(二) 各主要汽车强国进一步强化汽车产业电动化转型战略	3
(三) 全球各国加快推动氢能与燃料电池汽车协同发展	4
(四) 各国加大支持力度，L3 级自动驾驶即将实现商业化应用	4
(五) 全球汽车市场加速向绿色低碳升级	5
(六) 全球汽车技术发展动向和趋势	6
三、 2023 年中国汽车总体技术进展	12
(一) 我国新能源汽车进入全面市场化拓展期，车辆大型化抑制油耗下降的趋势不变	12
(二) 我国汽车产业技术发展面临的挑战	15
四、 战略支撑与保障建议	16
(一) 面向政府	16
(二) 面向行业	17
(三) 面向企业	17
五、 九大专题领域技术进展概述	18

(一) 节能汽车	18
(二) 纯电动和插电式混合动力汽车	19
(三) 氢燃料电池汽车	20
(四) 智能网联汽车	21
(五) 汽车动力蓄电池	23
(六) 新能源汽车电驱动总成系统	24
(七) 充电基础设施	26
(八) 汽车轻量化	27
(九) 汽车智能制造与关键装备	28

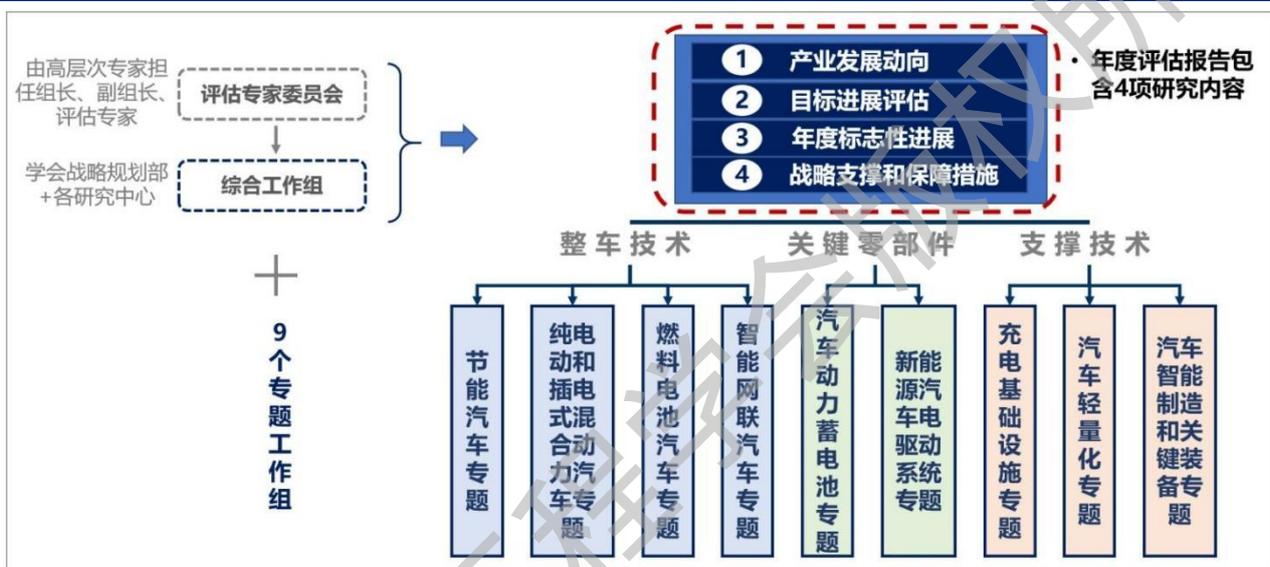
中国汽车工程学会版权所有

一、2023 年评估工作开展情况

（一）路线图评估组织架构

中国汽车工程学会组建评估专家委员会（以下简称“评估专委会”），从评估年度汽车技术发展、评选年度标志性技术进展、研判年度重要技术趋势等方面全面深入指导路线图评估工作。同时，依托中国汽车工程学会国汽战略院研究力量，组建总体工作组以及 9 大领域研究工作组，开展调研分析、产业研究、技术评估、标志性技术评选等研究工作，在评估专家委员会的指导下最终形成 2023 年度《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》评估报告。

图 1：路线图评估专委会与工作组



来源：中国汽车工程学会

（二）评估方式与开展过程

本年度技术路线图评估工作于 2023 年 7 月正式启动，得到行业多方广泛参与。采用整车企业调查、分领域定向企业调查、分领域专家调查的多渠道、多维度相结合的全面评估调查方法，通过线上、线下相结合的方式开展调研与交流，涵盖国内主流乘用车与商用车整车企业 28 家、分领域零部件与配套企业 111 家、国内科研机构、高校与行业社团 14 家，共计 153 家汽车产业相关单位的 100 余人次专家参与到 2023 年度评估工作中，历经 5 个多月研究与整合，最终形成 2023 年度评估成果。

图 2：路线图年度评估的调研与研讨工作



来源：中国汽车工程学会

图3：2023 年度评估参与单位



来源：中国汽车工程学会

（三）标志性技术评选流程与标准

2023 年中汽学会进一步优化标志性技术评选流程，评估专委会全面参与标志性技术进展的提名、初评与终评等相关工作，按照初评通过专家投票、终评通过标志性技术进展量化评价指标体系打分的评审规范，最终评选出各专题领域具有代表性、先进性、权威性的标志性技术。

表 1：标志性技术进展评价指标体系

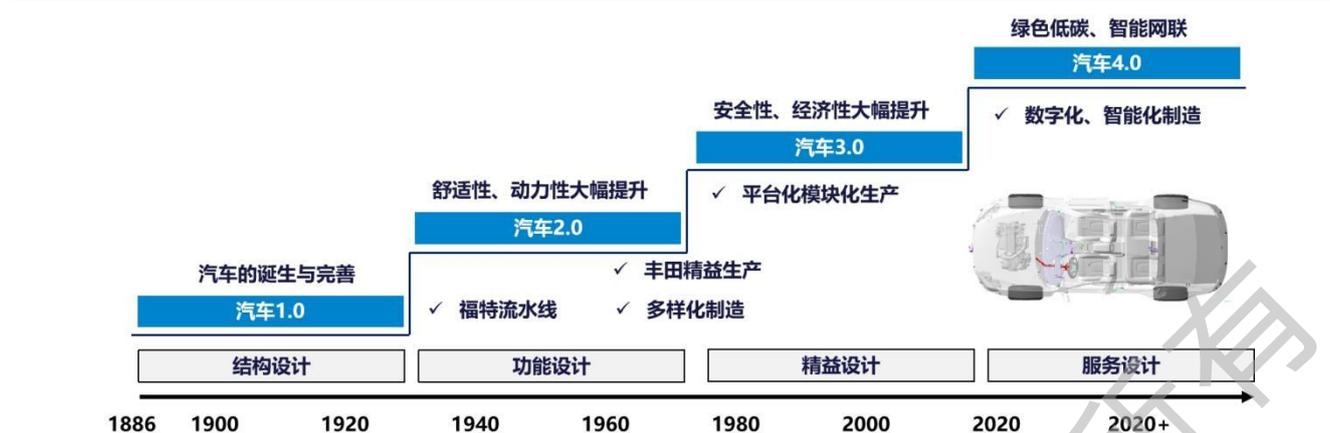
领域：	技术名称：	指标含义	评分标准（单位：分）					专家打分值
技术创新程度	20	指在技术开发项目实施中，应用已知的理论、技术和方法攻克技术难题，在技术上取得创新和进步的程度。评价技术创新程度，主要是指在原有技术上的进步大小，同等条件下，对具有明显原始创新或已获得专利的项目予以倾斜。	很大 20-16	大 16-12	较大 12-8	一般 8-4	低 4以下	
难易程度或复杂程度	10	指成果在研发过程中技术攻关的难度和复杂程度	难度很大 很复杂 10-8	难度大 复杂 8-6	有一定难度或复杂程度 6-4	难度或复杂程度较小 4-2	低 2以下	
主要技术经济指标的先进程度	20	指该项目的主要技术指标和经济指标与国内同类技术的技术指标、经济指标比较的先进程度。鼓励采用国际、行业先进标准	国际领先 20-16	国际先进 16-12	国内领先 12-8	国内先进 8-4	一般 4以下	
提高市场竞争力的效益	20	对项目的发展前景和潜在效益的评价。指自主研发的关键技术在市场竞争中发挥作用的情况。如：适应市场需求，形成竞争力，替代进口或突破技术壁垒进入国际市场等。已取得自主知识产权（发明专利）或形成先进技术标准的项目酌情加分	市场需求高，具有国际市场竞争优势 20-16	市场需求度较高，具有国际竞争优势 16-12	市场需求度较高，具有国内竞争优势 12-8	有一定市场需求与市场竞争能力 8-4	缺少市场需求，不具备竞争能力 4以下	
推动科技进步的作用	20	用以衡量该成果在推动产业结构调整和优化升级，产品更新换代，实现技术跨越和技术进步等方面作用的大小，尤其是实现技术跨越的带动作用	很大 20-16	大 16-12	较大 12-8	一般 8-4	小 4以下	
社会效益	10	指环境效益、生态效益、保障人民安全、培养科技人才、促进社会发展等的指标	很大 10-8	大 8-6	较大 6-4	一般 4-2	小 2以下	
合计								

来源：中国汽车工程学会

二、2023 年汽车产业迎来产业变革和产业生态重塑的关键节点

新一轮科技革命正在全球范围内兴起，新能源、互联网、大数据、人工智能等新技术创新加速、跨产业深度融合，新产业、新模式、新业态孕育发展。汽车产业具有产业链长、高度集成化的特点，是历次科技革命和产业变革的先导产业，正在向绿色化、智能化发展，全球汽车产业迎来百年未遇之大变革。传统内燃机汽车通过协同发展碳中和和燃料与零碳内燃机技术，加速混动技术升级与市场化，积极转型应对碳中和目标；当前，全面电动化已成为全球共识，我国引领电动化转型，美国和欧洲等汽车强国均加快电动化转型；智能驾驶、智能座舱等技术水平快速提升，智能网联汽车正逐步成为智能移动空间应用终端；新一代信息技术与汽车制造技术深度融合，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，推动汽车产业由传统机械制造向智能制造转型。

图4 历次科技革命推动汽车产业变革



(一) 各国政府积极推动传统内燃机低碳化和零碳内燃机发展

节能低碳化是传统内燃机汽车的主要发展方向，各汽车强国积极出台政策推动传统内燃机汽车高效、清洁发展。美国 EPA 与 NHTSA 先后发布新的碳减排和燃油经济性标准提案，NHTSA 提议方案到 2032 年，乘用车与轻型卡车行业平均燃油经济性为 58mpg (4.06L/100km)；2023 年欧洲议会和理事会发布 (EU) 2023/851 号条例，进一步加严新车碳排放要求，2025 年乘用车和轻型商用车碳排放较 2021 年目标值各减少 15%，2030 年乘用车和轻型商用车碳排放较 2021 年目标值分别减少 55% 和 50%，2035 年实现乘用车和轻型商用车零碳排放。

碳中和愿景下，碳中和燃料和零碳内燃机技术协同发展成为各国政府重要选项，中、美、欧、日等国家和地区已进行碳中和燃料及零碳内燃机的战略布局和基础研究。中国发布《内燃机产业高质量发展规划 (2021-2035)》，提出开展氨、氢等可再生燃料发动机关键技术研究，实现合成燃料、生物燃料和氢等碳中和燃料规模化应用；《美国长期战略：2050 年实现净零温室气体排放的路径》提出加速研发和推广生物质燃料、氢基燃料等替代低碳技术；欧盟《战略交通研究与创新议程 STRIA》提出推动醇/醚/酯类生物质燃料和电力合成燃料的研发和降本，并开发适合生物质燃料、氢/氨燃料的内燃机；《日本 2050 年碳中和绿色增长战略》提出支持电力合成燃料规模化降本和效率提升，和支持藻类生物质燃料、氢/氨内燃机核心技术研发。

(二) 各主要汽车强国进一步强化汽车产业电动化转型战略

美国和欧盟等全球汽车强国争抢战略竞争优势，大力推动本土新能源汽车产业快速发展；美国发布《美国就业计划》《建立弹性供应链，振兴美国制造业，促进基础广泛增长》《总统行政命令》《两党基础设施协议》，提出重启汽车电动化战略，将新能源汽车作为战略必争领域，提出到 2030 年新能源汽车销售份额达到 50% 的目标；欧盟发布《Fit for 55》《Horizon Europe》《轻型车排放法规》修正案等，提出加快推进汽车产业持续脱碳，要求 2035 年新售轻型车达成零排放，致力于在 2050 年前实现汽车产业完全脱碳；日本发布《绿色成长战略》《2050 碳中和绿色增长战略》《蓄电池产业战略》《燃料电池与氢能技术路线图》等，提出支持多种能源、多技术路径协同发展，实现 2035 年新售乘用车 100% 电动化目标，提出 2050 年实现净零排放目标。

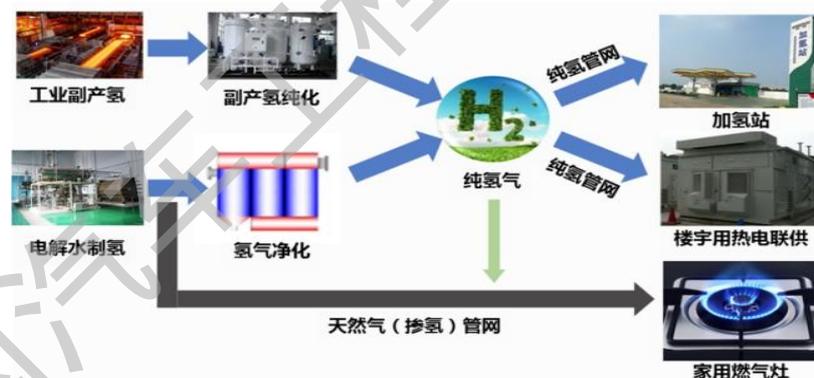
动力电池作为新能源汽车的核心，是各国电动化转型关注的焦点，以全固态电池为代表的下一代能源动力技术成为各国竞相布局的战略重点，各个国家和地区通过战略规划、技术研发、标准专利等多层面进行布局，力争抢占下一轮产业发展制高点。日本蓄电池产业战略研究公私理事会于 2022 年 9 月发布《蓄电池产业战略》，提出到 2030 年左右实现全固态锂电池的正式商业化应用；德国系统与 innovation 研究所于 2022 年 5 月发布了《固态电池路线图 2035+》；

韩国政府于 2022 年 11 月发布《二次电池产业创新战略》，将推进车用全固态电池技术的开发，目标是到 2026 年实现商用化；美国能源部于 2023 年 10 月资助多个全固态电池技术研发项目。

（三）全球各国加快推动氢能与燃料电池汽车协同发展

全球氢能社会建设加快，各国加大战略部署和政策支持力度，以终端应用为牵引，加快氢能在交通运输、工业和家庭用能等终端领域的示范应用，带动氢能的制-储-输-用全链条快速协调发展，并通过加强研发投入、加快基础设施建设打通产业链薄弱环节。美国 2023 年 6 月发布《国家清洁氢能战略和路线图》，到 2030 年、2040 年、2050 年，清洁氢生产能力分别达到 1,000 万吨、2,000 万吨和 5,000 万吨；日本 2023 年 6 月发布《氢能基本战略（修订版）》明确中远期氢能供应目标，重点发展燃料电池乘用车和商用车，计划到 2030 年推广乘用车 80 万台，建设 1000 个加氢站；德国 2023 年 8 月发布新版《国家氢能战略》，2030 年前打通氢能生产、储运、进口和消费各环节，到 2030 年德国氢能技术进一步提高，产品供应将覆盖从生产（如电解槽）到各类应用（如燃料电池技术）的氢能技术全价值链；韩国 2022 年 11 月发布《氢经济发展战略》提出 2030 年实现普及 3 万辆氢能商用车的目标，建造年产量 4 万吨的液化氢成套设备、年进口 400 万吨氨进口终端等基础设施。我国发布《氢能产业发展中长期规划（2021-2035 年）》，提出到 2025 年，形成较为完善的氢能产业发展制度政策环境，产业创新能力显著提高，基本掌握核心技术和制造工艺，初步建立较为完整的供应链和产业体系。燃料电池车辆保有量约 5 万辆，部署建设一批加氢站。可再生能源制氢量达到 10-20 万吨/年，成为新增氢能消费的重要组成部分，实现二氧化碳减排 100-200 万吨/年；我国设立“氢进万家”科技示范工程，推动氢能创新链与产业链融合发展，加快氢能在交通运输、工业和家庭用能等终端领域应用，引导氢能进入居民能源消费终端，为打造“氢能社会”奠定基础带动氢能产业发展。

图5 “氢进万家”科技示范工程示意图



（四）各国加大支持力度，L3 级自动驾驶即将实现商业化应用

全球以 L3 级量产应用和 L4 级特定场景应用为目标，通过政策创新不断完善法律法规环境、设立重大项目支持技术水平提升、加快测试与示范应用，推动高级别自动驾驶落地应用。我国工业和信息化部等四部门于 2023 年 11 月联合发布《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》，首次为开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作提供政策依据，将促进智能网联汽车产业向着 L3 级和 L4 级自动驾驶发展迈出坚实步伐；日本警察厅于 2022 年 10 月公布《道路交通安全法》修正案，并于 2023 年 4 月 1 日起正式实施，该法案允许特定条件下 L4 级别自动驾驶上路，以及无人配送机器人在人行道行驶，要求提供自动驾驶车辆服务的经营者有义务配置“特定自动运行负责人”，并规定了经营者和负责人在发生交通事故时相

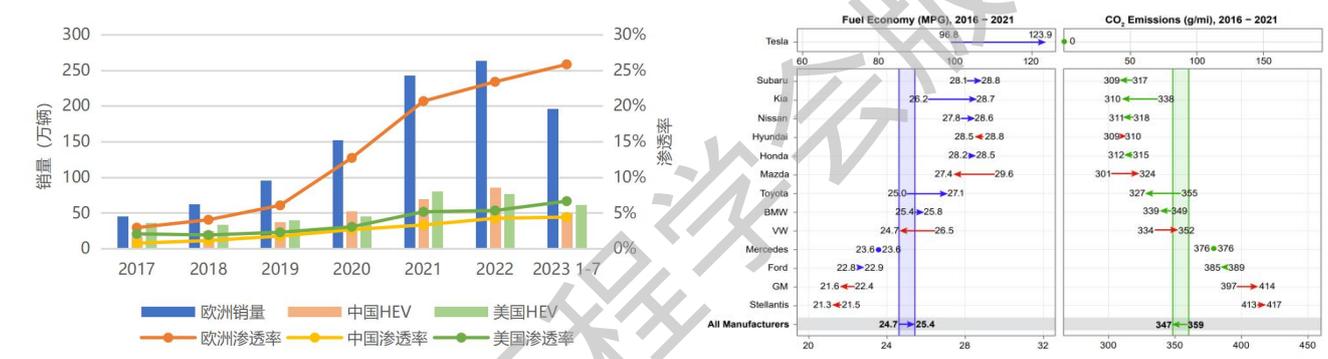
应的法律义务与责任；欧盟委员会于 2022 年 8 月发布自动驾驶车辆型式认证法规 Regulation (EU) 2022/1426—L4 级/L5 级自动驾驶系统 (ADS) 型式认证的统一程序和技术规范，涉及特定区域内的载客或载货，预定路线上运送乘客或货物的点对点接驳以及在预定停车设施内的自主泊车。2023 年 8 月，美国加州公用事业委员会 (CPUC) 批准 Waymo 和 Cruise 在旧金山提供全天候无人驾驶出租车收费服务，这一决定意味着旧金山将成为美国第一个实现无人驾驶出租车全面商业化的城市。梅赛德斯-奔驰 L3 级自动驾驶系统已获批加州机动车辆管理局 (DMV) 上路行驶申请，装备该系统的奔驰车型可以在指定公路上开启自动驾驶功能。

(五) 全球汽车市场加速向绿色低碳升级

1. 节能汽车

全球传统燃油车加快转型。油价高企和碳排放税等推动欧洲 HEV 销量快速提升，中国和美国由于缺乏政策支持 HEV 销量增长相对较慢；替代燃料汽车全球范围内仍限于小规模市场应用，国内市场渗透率几乎为零，氢/氨内燃机汽车目前主要处于技术研发阶段。全球主要车企燃油经济性持续提升，单位里程 CO2 排放量不断下降。

图6 全球主要汽车市场混合动力 HEV 销售情况、主要车企燃油经济性和单位里程 CO2 排放量



来源：ACEA、Marklines、国内上险量、美国 EPA

2. 新能源汽车

全球新能源汽车快速发展，已进入高速发展窗口期。2022 年销量突破千万大关，市场渗透率快速增长达到 13.4%，2023 年 1-11 月份销量达 1267 万辆，市场渗透率达 15.7%，已启动全面市场化进程

图7 2015-2023 年全球新能源汽车销量及渗透率



来源：乘联会

全球新能源汽车进入高速发展窗口期、中欧美三足鼎立的新能源汽车市场格局逐步形成。2023 年 1-11 月，我国新能源汽车销量达 830.4 万辆，全球占比约 65.5%，市场渗透率达 30.8%，我

国新能源汽车进入全面市场化拓展期；欧洲 2023 年 1-11 月新能源汽车销量达到 265.9 万辆，全球占比约 21%，市场渗透率达 17.2%；美国 2023 年 1-11 月新能源汽车销量达到 134.1 万辆，全球占比约 10.6%，市场渗透率达 9.2%。中、欧、美新能源汽车销量合计占全球销量的 97.1%。

图8 2023 年（1-11 月）中美欧新能源汽车销量情况（单位：万辆）



来源：中国汽车工业协会，Marklines

3. 燃料电池汽车

全球氢燃料电池汽车保有量持续提升，我国燃料电池汽车加速区域示范。截至 2022 年底，全球燃料电池汽车总保有量达到 6.7 万辆，同比增长 36%；在营加氢站数量达到 727 座，同比增长 22%。我国燃料电池汽车推广应用形成了京津冀、上海、广州、河南、河北等五大示范城市群，推动燃料电池汽车在港口、矿山、环卫、城建、公交、城际物流等多种场景的示范应用，并加快加氢站建设，燃料电池汽车成为商用车绿色低碳转型的重要技术路径。

图9 2022 年全球主要国家氢燃料电池汽车保有量、2022 年全球主要国家在营加氢站数量



来源：中国氢能联盟研究院

（六）全球汽车技术发展动向和趋势

通过系统梳理国内外主要国家和地区的汽车产业战略规划、各领域重要技术动向，我们认为全球汽车产业重要进展和趋势如下：

1. 节能汽车

零碳内燃机技术持续革新，热效率突破 45%。2023 年，吉利将自研的 2.0L 直喷增压氢内燃机热效率提升至 46.11%，氧气消耗量降至 65g/kw·h，可有效降低氮氧化物的排放，同时最大

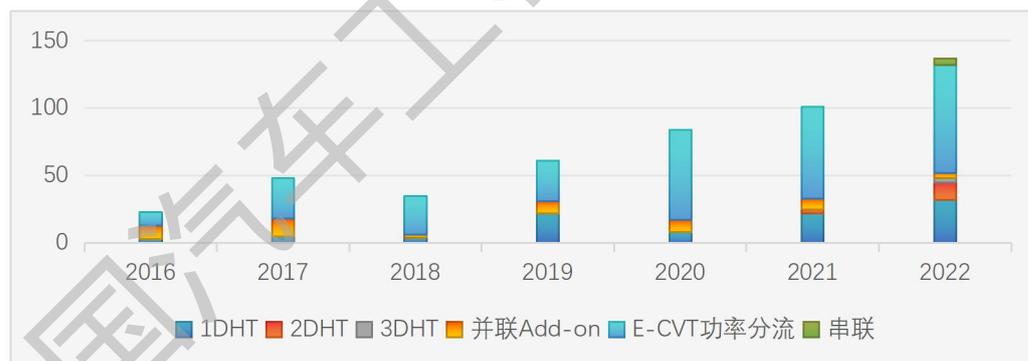
功率接近 110kW，最大扭矩可达 230N·m。广汽、东风等企业也已实现了 44%~45%热效率氢气发动机的研制。氨气内燃机方面，广汽发布了首款乘用车用氨发动机，功率达到 120kW，采用了进气歧管喷射氨气，预燃室射流点火技术引燃主燃烧室氨气混合气的着火模式，实现氨占氨油总比超 90%的稳定着火。

图 10 热效率 46%氢动力系统、氨气燃料喷射系统



混合动力架构进一步向多档多模发展，混动专用发动机热效率向 50%热效率冲击。截止 2023 年，比亚迪、长城、吉利、广汽、奇瑞、五菱、东风、一汽等企业陆续发布全新混动技术，架构形式上均为串并联方案，并且最多档位和模式数量纪录被持续打破。东风于 2023 年 4 月发布融合串并联和功率分流的四档智能混动变速箱（4HD），可实现 EV、串联、发动机四档直驱、并联、功率分流、制动能量回收、驻车发电等多种模式；本田先后在北美市场的 C-RV 和国内市场的皓影产品上换装了新的具有两档的 DHT 混动系统，允许发动机在城市工况车速下介入驱动。混动专用发动机方面，一汽、东风发布的混动专用发动机热效率均已突破 45%，东风等企业规划混动专用发动机热效率目标达到 50%。

图 11 混合动力架构方案新车应用数量趋势



来源：公开数据整理

2. 新能源整车

乘用车电动化扩散到越野/高性能轿跑等领域，促进分布式驱动技术量产。国内自主品牌车企不断提升整车性能集成设计能力，叠加在电动化领域的技术积累和先发优势，率先将电动化技术量产在非城市运行工况的高性能产品领域。东风、比亚迪、极氪的四电机分布式驱动技术纷纷应用于乘用车高性能越野和超跑车型。其中，东风猛士 917 四电机分布式驱动已经量产，风神 E70 分布式轮毂驱动乘用车进入 2022 年工业和信息化部第 365 批次公告，分布式轮毂电驱动整车多目标协调控制和可靠性快速提升，逐步进入小规模应用阶段。

图 12 高性能越野四电机分布式驱动构型、超跑车型四电机驱动构型



纯电动商用车平台逐步量产，底部换电应用于电动重卡。2023年，奔驰、三一、远程、时代新安、悠跑科技、前晨商用车、Lightning eMotors、LEVC、WEVC等国内外新旧势力企业纷纷发布基于滑板底盘轻型商用车平台战略和产品。4.5吨以下VAN产品滑板底盘化开发主要是将同轴式驱动桥和电池与底盘进行CTC方式集成，并去除中央驱动轴，通过最小改动达到改善整车运力空间和性能，可实现体积减少25%，重量减少15%。

图 13 轻型商用车滑板底盘平台、重型商用车纯电平台发展



3. 动力电池

日韩欧美企业加大对全固态电池的研发投入，抢占未来产业发展优势。丰田宣布在固态电池技术上取得了重大突破，计划于2027-2028年在纯电动汽车实现装车应用。韩国LG、SK on、三星SDI等电池企业积极推动固态电池产业化，LG预计2026年可量产固态电池，三星SDI已建成全固态电池试验生产线，计划于2027年实现全固态电池大规模量产。美国Solid Power公司宣称开发出的全固态电池单体能量密度达到390Wh/kg，循环寿命超1000次，并已通过针刺、过充等安全性测试并建立了中试线，宝马与Solid Power合作，计划于2025年前推出固态电池原型车；Quantum Scape公司开发的2.2Ah实验室原型全固态电池推算能量密度超过400Wh/kg，1C充放电循环580次容量保持率达到90%，大众与Quantum Scape公司合作，计划2025年量产固态电池。

图 14 部分固态电池企业技术布局及研发进展

对比指标		SES	Solid Power	卫蓝新能源	清陶能源	浙江锋锂	辉能科技
化学体系	正极	NCM、钴酸锂、磷酸铁锂	三元NCM	三元NCM	未公开	三元NCM	NCM811
	负极	锂金属	高硅负极 (Si>50%)	预锂化硅碳/锂金属	未公开	石墨/锂金属	高硅负极/锂金属
	电解质	混合固液电解质	硫化物	氧化物、聚合物	氧化物/聚合物复合电解质、凝胶	氧化物	氧化物、胶态电解质
能量密度	370-400 Wh/kg (实验室)	320 Wh/kg (Prototype)	270 Wh/kg (量产) > 400 Wh/kg (实验室)	260-300 Wh/kg (量产)	240-270 Wh/kg (量产) 320-420 Wh/kg (实验室)	242 Wh/kg (量产) 270-350 Wh/kg (实验室)	
核心技术	锂负极聚合物涂层 超薄宽幅锂箔	高电导硫化物 电解质	原位固态化 固态包覆正极 复合锂金属	氧化物固态电解质 材料制备技术	原位聚合 胶态电解质涂布极片	双极耳技术 主动安全系统	

来源：公开数据整理

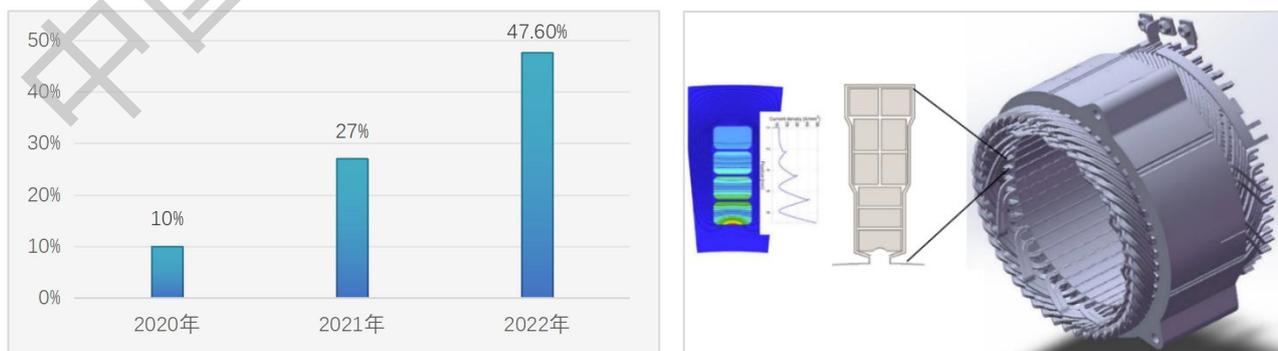
我国持续加大动力电池技术研发，钠离子电池、磷酸锰铁锂电池等新体系电池已迎来小规模量产。2023 年中科海钠等多家企业实现钠离子电池量产，并在两轮车、低速四轮车、储能等场景获得应用。宁德时代、比亚迪、亿纬锂能、欣旺达、国轩高科等多家头部电池厂积极布局磷酸锰铁锂电池，预计从 2023 年下半年开始逐步量产。盟维科技推出的锂金属电池产品能量密度已达 530Wh/kg，300 次循环后仍可保持超过 90% 的容量，已应用于航空航天等特定场景，针对新能源车的样品，已完成验证并发布 A 样，经过 500 次深度充放电循环，容量保持率仍高于 80% 以上。

材料、结构和软件电控等多方面取得突破，动力电池安全性进一步提升。2023 年以来，多个整车厂及电池厂发布动力电池系统方案，安全性得到普遍提高，广汽的弹匣电池 2.0 可实现整包枪击不起火，巨湾技研的凤凰电池在热失控实验中实现 48 小时不起火，蜂巢能源龙鳞甲电池通过优化防爆阀泄压、热防护、冷却抑制等技术来解决安全问题。

4. 电驱动系统

扁线电机市场渗透率不断提高，X-Pin 电机、不等槽宽等新型扁线电机实现应用。2022 年新能源车扁线电机出货量达 276.2 万套，市场占比飙升至 47.6%，同比增长约 28%，随着技术的不断进步，以及更多主机厂的布局研发，预计 2025 年左右渗透率将超过 90%。新型扁线电机方面，2023 年 6 月联合电子的 X-pin 扁线电机率先实现批产应用，2023 年 1 月博格华纳开发并试制出了 X-pin 工艺的扁线工程样机，2023 年 3 月广汽埃安电驱发布了采用 X-pin 工艺的全新一代高性能集成电驱技术夸克电驱，上海 EVK 公司采用阶梯槽设计、单槽双拼导体、多并联支路紧凑出线绕组拓扑等技术，实现了功率密度再提升 20%，并于 2023 年在吉利 E51、哪吒电动跑车、上通五菱 HIT 151 等车型上实现量产应用。

图 15 我国扁线电机渗透率、第三代扁线电机



来源：公开数据整理

多合一总成的渗透率快速提升，产品形态由机械结构集成向多电力电子深度集成转变。2023年上半年多合一总成渗透率突破10%，弗迪动力、长安新能源、英搏尔、华为数字能源是主要的四家供应商，主要在比亚迪海豚、海豹、元PLUS、深蓝SL03、腾势D9、帝豪EV PRO等搭载。另外，2023年华为数字能源发布了面向A级BEV市场的150kW超融合十合一动力域模块，通过首创芯片融合，功率融合，功能融合，域控融合，实现BOM数量降低40%，芯片数量降低60%。同年，东风发布量子架构3号平台首款车型纳米01，搭载70kW的800V SiC十合一总成，集成了电机、减速器、MCU、DCDC、PDU、OBC、VCU、BMS、TMCU、PTC，将系统体积减少18%，重量减轻15%以上，功率密度达到7kW/kg以上，系统最高效率94.5%，CLTC综合效率89%。

5. 燃料电池汽车

燃料电池汽车关键零部件自主化程度持续提升，但较国外先进水平仍有较大差距。国内燃料电池质子交换膜处于产业化应用初期，东岳公司生产的厚度15 μm 的DMR系列复合增强全氟质子膜具有优异的性能和寿命：氢气透过率 $\leq 0.01\text{ml}/\text{min}\cdot\text{cm}^2$ ，OCV循环测试超过1000h，短堆循环寿命测试超过6000h，通过了奔驰公司的技术考核，干湿循环测试的循环次数超过2万次，但在产品可靠性、寿命方面还需进一步提高。国产车用炭纸正处于量产前的产品验证阶段，国产车用炭纸主要在透气率性能方面与国外知名产品具有显著差异性，还存在工艺链条长、装备要求多、中间品多、特性不一、原丝原纸难控制、碳纸和涂层影响因素多、不易平衡等难点。国内燃料电池催化剂产品处于小规模应用阶段，大部分企业已实现氢燃料电池用铂碳催化剂公斤级批量生产能力，部分产品已进行小规模装车应用，国氢科技Pt基多元合金催化剂技术，氧化还原催化活性 $\geq 0.75\text{A}/\text{mg}\cdot\text{Pt}$ ，电化学活性面积 $\geq 50\text{m}^2/\text{g}$ ，高电位耐久性 ≥ 20 万循环，氢电中科、济平新能源的合金催化剂产品质量活性为0.30-0.45A/mg·Pt，耐久性约为8-10万循环，而现阶段国际先进催化剂商业产品如日本田中贵金属，同类型催化剂氧化还原活性为0.5A/mg·Pt，高电位耐久性约为15万循环。我国膜电极单片有效面积和功率密度等膜电极性能不断提升，鸿基创能目前批量出货的膜电极产品功率密度达到1.3W/cm²，寿命2万小时以上，唐锋能源自主开发的产品功率密度超过1.5W/cm²，并通过了车规级严苛工况的性能和稳定性验证，国外巴拉德、Gore、Johnson Matthey的膜电极功率密度达2W/cm²@0.65V。

表2 国内外燃料电池关键零部件技术对比

关键零部件	我国技术水平	国际先进技术水平
质子交换膜	国内先进水平为厚度15 μm ，电导率为0.03S/cm (85°C,50%RH)，化学机械耐久性为15000循环次数 ($\leq 20\%$ @开路电压)	戈尔等国际先进水平为厚度8.5 μm ，电导率为0.106S/cm(80°C,80%RH)，化学机械耐久性为20000循环次数 ($\leq 20\%$ @开路电压)
炭纸	0.1bar压力下厚度125 $\pm 10\mu\text{m}$ ，体电阻 $\leq 5\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，0.1bar压力下气通量1300m ³ /(m ² h)，拉升强度10MPa	德国SGL产品0.1bar压力下气通量为1000m ³ /(m ² h)，体电阻10 $\pm 1\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，拉升强度10 $\pm 2\text{Mpa}$ ；美国Avcarb产品0.1bar压力下气通量为900m ³ /(m ² h)，拉升强度12 $\pm 2\text{Mpa}$ ，体电阻8 $\pm 1\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$
催化剂	Pt基多元合金催化剂技术，氧化还原催化活性 $\geq 0.75\text{A}/\text{mg}\cdot\text{Pt}$ ，电化学活性面积 $\geq 50\text{m}^2/\text{g}$ ，高电位耐久性 ≥ 20 万循环	现阶段国际先进催化剂商业产品如日本田中贵金属，同类型催化剂氧化还原活性为0.5A/mg·Pt，高电位耐久性约为15万循环
膜电极	国内膜电极企业最新发布的产品功率密度大多在1.2W/cm ² @0.6V-1.6W/cm ² @0.6V、1W/cm ² @0.6V-1.4W/cm ² @0.65V之间	国外巴拉德、Gore、Johnson Matthey的膜电极功率密度达2W/cm ² @0.65V

管道输氢发展迅速，我国仍处于起步阶段。北美已建成输氢管道 2850 公里，其中美国建成 6.9MPa 管网共 2700 公里；欧洲已建成 1770 公里输氢管道，并启动了跨国包含海底输氢管道的建设；我国研究起步相对较晚，输氢管道规模较小，总里程约 450 公里，在用管道仅有百公里左右，输送压力 2.5~4MPa，我国正在加快输氢管道建设，已公布规划的氢气管道建设项目有 10 个，规划总长度将超 1500km，拟运行压力 ≤ 6.3 MPa，均为陆地敷设，尚未开展管网连接计划。

6. 智能网联汽车

自动驾驶芯片性能提升，支持跨域融合功能实现。高通推出 Snapdragon Ride Flex SoC，以单颗 SoC 同时支持数字座舱、ADAS 和 AD 功能，硬件架构层面达到 ASIL-D 级，预计 2024 年开始量产；安霸宣布推出基于 CVflow 3.0 AI 架构的 SoC CV72AQ，在同等功耗下性能比上一代产品 CV22AQ 提高 6 倍，可高效运行基于 Transformer 神经网络的深度学习算法，可支持前视 ADAS 一体机、单芯片 6V5R 行泊一体等解决方案；日本丰田、索尼等 8 家公司以合资形式共同成立新公司以研发和生产高端芯片，目标在 2027 年量产 2 纳米或者更高制程芯片以实现国产化。

图 16 高通 Snapdragon Ride Flex SoC、安霸基于 CVflow 3.0 AI 架构的 SoC CV72AQ



来源：公开数据整理

整车自动驾驶功能提升，高级别自动驾驶落地应用。美国加州机动车辆管理局(DMV)于 2023 年 6 月批准了梅赛德斯-奔驰的 L3 级自动驾驶系统的上路行驶申请，装备该系统的奔驰车型可以在指定公路开启自动驾驶功能。L4 方面，加州公用事业委员会 (CPUC) 已批准 Cruise 和 Waymo 在旧金山提供全天候 RoboTaxi 收费服务，Cruise Origin 豁免请愿书已递交 NHTSA，如获批将寻求每年部署多达 2500 辆无需人工控制装置的自动驾驶车辆。宝马新纯电动轿车 i5 搭载系统集成高速公路辅助功能 Highway Assistant，支持脱手驾驶，跟车的车速限制将从 60km/h 以内提升至 130km/h 以内。福特野马 Mach-E 车型辅助驾驶脱手功能在英国和德国先后获批，被允许将在高速公路特定地理围栏使用。梅赛德斯-奔驰获得 KBA 的首个 AVP 系统的通用运营许可证，配备 INTELLIGENT PARK PILOT 的某些 S 级或 EQS 车辆将可以使用该功能，并被应用于斯图加特机场 APCOA 运营的 P6 停车场。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/29500000111011042>