汽车与配件
AUTOMOBILE & PARTS

2026 / 21
第46卷·总第1435期
定价RMB 10元



为构建绿色制造，汽车企业从哪些方向推进系统性转型？

从愿景迈向实际落地，QNX如何应对SDV行业大考？

汽车向48V电源架构演进，MPS如何行动？

麦格纳的技术积淀有多深？

国内统一连续出版物号 CN31-1219/U
国际标准连续出版物号 ISSN1006-0162

ISSN 1006-0162
9 771006 016265 21>

关注官方微信　关注官方微博

主办：上海百联汽车服务贸易有限公司

博世华域转向系统有限公司
BOSCH HUAYU STEERING SYSTEMS CO., LTD.

BOSCH



博世华域转向系统有限公司
中国上海市嘉定区永盛路2001号/ 201821
电话：+86 21 6707 9000
传真：+86 21 6707 9087
No.2001, Yongsheng Road, Jiading Industrial Development Zone, Shanghai, P.R. China / 201821
Tel：+86 21 6707 9000
Fax：+86 21 6707 9087

博世华域转向系统（烟台）有限公司
山东省烟台市福山区永达街1000号/ 265500
电话：+86 535 380 3055
传真：+86 535 380 3055
No.1000, Yongda Road, Fushan, Yantai, Shangdong, P.R.China / 265500
Tel：+86 535 380 3055
Fax：+86 535 380 3055

博世华域转向系统（武汉）有限公司
湖北省武汉市江夏区金港新区通用大道66号/ 430208
电话：+86 27 5910 6600
传真：+86 27 5910 6601
No. 66, General Motors Avenue, Jiangxia DVZ, Wuhan, Hubei, P.R. China / 430208
Tel：+86 27 5910 6600
Fax：+86 27 5910 6601

博世华域转向系统有限公司南京分公司
江苏省南京市经济技术开发区炼西路1号/210033
电话：+86 25 6698 4738
传真：+86 25 6698 4880
No.1,Lianxi Road, Nanjing Economic and Technology Development Zone,Jiangsu,P.R.China/210033
Tel: +86 25 6698 4738
Fax: +86 25 6698 4880

DIGITAL

DXQ – DIGITAL INTELLIGENCE BY DÜRR



DXQ 数字化产品——把握涂装车间脉搏

杜尔 DXQ 数字化产品为工厂运营、分析和控制（MES）提供量身定制的软件解决办法，助力涂装车间实现更高的可用性、更优的质量和更好的性能！

关注杜尔公众号，
解锁更多信息

广告



在产业变革的深水区，寻找真正的竞争力

十一月，岁末渐近。当2026年进入最后两个月，中国汽车产业也迎来了年度发展的关键阶段。如果说前几年最鲜明的特征是速度，那么今天，我们或许更应该关注速度背后的质量、规模背后的价值，以及发展背后的长期能力。与此同时，传统汽车产业链也在经历深刻调整。

从最初的市场规模竞争，到产品与技术竞争，再到今天涵盖品牌、供应链、生态体系和全球化能力的综合较量，汽车企业面临的考验已经越来越全面。过去，企业可能凭借一款畅销车型打开市场；如今则需要建立持续推出优秀产品的能力。

整车与零部件之间，正在形成更加紧密、也更加复杂的产业关系。对于汽车零部件行业而言，变化更为直接：传统零部件的价值正在被重新评估，新的技术赛道不断出现。零部件企业不仅需要思考如何进入新的配套体系，更需要思考如何建立不可替代的技术优势。能够真正理解整车企业需求、具备同步研发能力、拥有稳定品控和全球交付能力的供应商，将在下一轮产业角逐中获得更多主动权。一家整车企业的竞争力，越来越依托可靠且协同创新的供应链。

放眼海外，中国车企正从单纯产品出口，走向体系化的全球布局。在目标市场，国际合规与本地化运营是必修课，企业练好内功的同时，也要补齐当地经营短板。

越往深水区走，越需要跳出单纯的价格内卷，回归技术与价值本身。真正的竞争力，不在单点参数，而在底层研发、质量一致性和供应链协同的长期积累。零部件企业可从配套供货，转向深度参与整车前期定义、联合开发；整车企业则需要平衡创新、成本、安全与用户体验，搭建可迭代的研发制造体系，守住底线，打磨扎实的产品。

我们既要看年度市场成绩，也要看产业发展的深层变化。销量增长值得欣喜，但技术创新是否形成真正的竞争壁垒？产品迭代是否真正回应了用户需求？供应链企业是否找到了新的增长空间？中国汽车品牌是否具备长期参与全球竞争的能力？这些问题，比单纯的数字更值得思考。《汽车与配件》记录产业节点，关注整车与零部件企业的成长，持续追踪产业链的技术机遇，陪伴行业穿越变革、积累能力。

产业的竞争，最终是长期能力的比拼；时代的进步，最终来自持续创新的力量。汽车产业需要竞争，更需要健康、可持续的产业生态。

十一月，让我们在变革深水区寻找方向。

汽车产业的下一个篇章，正在我们眼前展开。我们继续同行。



《汽车与配件》杂志总编辑

2026年11月

广告

VT 2-4 轴类立式车床
高效加工



亮点

- 操作方便，访问性佳，保证了极短的调试时间
- 毛坯件和成品件存储装置集成在机床内部
- 机床上下料同时进行，缩短了闲置时间
- 机床采用立式设计，结构紧凑，因而占地面积极小
- 四轴加工，极大缩短了加工时间

EMAG

埃马克（中国）机械有限公司太仓分公司
地址：江苏省太仓市陈门泾路101号工业园区2号厂房
邮编：215400 · 电话：0512-53574098 · 传真：0512-53575399
网址：www.emag.com · 邮箱：info.china@emag.com

官方抖音

官方微信

电子杂志

网站

微信

微博



官方微信 / 官方微博 / 官方网站 / 电子杂志

广告投放热线
021-62351533



创刊时间：1981年
2026年11月15日出版（2026 NO.21 第46卷 总第1435期）

《汽车与配件》	QI CHE YU PEI JIAN
刊期	半月刊
主管	百联集团有限公司
主办	上海百联汽车服务贸易有限公司
出版	《汽车与配件》编辑部

General Editor 总编	陶萍 Tao Ping
Chief Editor 主编	朱敏慧 Lisa Zhu
Executive Chief Editor 执行主编	陈琦 River Chen
Editor 编辑	张颖 Zhang Ying
	李玉玲 Echo Li
	高驰 Gao Chi
Senior Art Designer 资深设计	徐云 Cloudie Xu

Editorial Hotline 编辑部电话	（8621）62351533
Editorial E-mail 编辑部邮箱	soam@oauto.com
联系方式	微信公众号“汽车与配件”

Advertising Director 广告总监	陆玮媛 Lu Weiyuan
Advertising Executive Director 广告执行总监	卢捷 Lu Jie
Advertising 广告部	吴文倩 Wendy Wu

International Standard Serial Numbering 国际标准连续出版物号

ISSN1006-0162

CN Serial Numbering 国内统一连续出版物号

CN31-1219/U



奎克好富顿电动车
工艺流体解决方案

从结构件到电机，再到电池壳体

我们拥有市场领先的工艺流体以及可实时测量、控制流体性能的在线平台QH FLUID INTELLIGENCE™，我们的解决方案能够助您在电动化的道路上更快的取得成功。

微信扫码观看奎克好富顿电动车
工艺流体解决方案视频

quakerhoughton.com

Quaker Houghton™
携手共进

广告

订阅价
全年240元

技术

市场

半月刊　零售价10元
邮发代号：4-429
国内订阅：全国各地邮局

汽车与配件
AUTOMOBILE & PARTS

2026年11月15日出版（2026 NO.21 第46卷 总第1435期）

Address 地址	上海市仙霞路317号远东国际广场B座1309室 Room1309， No.317 Xianxia Road， Shanghai
Post Code 邮编	200051
Issue Dept. 发行部电话	（8621）62351533

Domestic General Distribution 国内总发行	上海市报刊发行局
Domestic Subscription 国内订阅	全国各地邮局
Post Issue Code 邮发代号	4-429
General Distributor Overseas 国外总发行	中国国际图书贸易总公司 北京399 信箱
Issue Code Overseas 国外发行代号	WK1413
Price 定价	RMB10.00元/本

Plate Making 制版	上海安枫印务有限公司
Printing 印刷	上海安枫印务有限公司

印刷质量承诺：读者凡发现本刊有掉页、残缺等印刷、装订质量问题，
请直接将杂志邮寄到以下地址，印刷厂负责特快专递将无质量问题的杂志寄还给读者，并致谢忱。
地址：上海市闵行区双柏路528号
联系人：彭懿军 电话：13901643357

本刊法律顾问
上海市广发律师事务所

根据《中华人民共和国著作权法》，结合本刊具体情况，我编辑部郑重声明：

1. 《汽车与配件》杂志版权属上海《汽车与配件》杂志社有限公司所有，未经书面许可，本刊任何部分均不得以任何形式翻印、转载、复制、存储于检索系统提供给公众或私人使用。
2. 若在投稿后2个月内未收到录用通知，作者可另投他刊。
3. 拒绝一稿多投。
4. 本刊已被“中国知网”、万方数据“数字化期刊群”、维普资讯“中文科技期刊数据库”、“automobileandparts.com”、“龙源期刊网”收录。凡向本刊投稿者，均视为作者同意在上述网站刊用。若不同意，请在来稿中特别注明。

梅卿传媒集团出品

电视合作伙伴　梅卿 autofree 快车道

平面媒体合作伙伴　轿车情报 auto.c

移动媒体合作伙伴　DM 电媒互动传媒 DIGITAL WORKSHOP

本刊网络合作伙伴
新浪汽车　凤凰网 汽車 auto.ifeng.com　腾讯汽车 AUTO.QQ.com　爱卡汽车 XCAR.COM.CN　YOUKU 优酷 世界都在看

汽车与配件
AUTOMOBILE & PARTS

关注《汽车与配件》全媒体平台
获得最新行业资讯

官方微信 / 官方微博 / 官方网站 / 电子杂志



广告

入驻平台

汽车与配件
AUTOMOBILE & PARTS

CONTENTS

NOV' 2026 / NO.21
目 次



16 10月交付分化：
出口正在成为车企增长的“必答题”

行业信息 / NEWS

12 上汽集团10月销售43万辆，创年内新高

卿谈 / CONNECTIONS

16 10月交付分化：
出口正在成为车企增长的“必答题”

专题 / FEATURES

18 从愿景迈向实际落地，QNX如何应对SDV行业大考？
——访QNX大中华区首席代表董渊文

20 元器件技术，为智能出行的演进沉淀出厚度
——访村田中国Mobility市场事业群总经理土桥信裕

22 汽车向48V电源架构演进，MPS如何行动？

24 以数据与算力为基，SEEWAY.AI驶向新一站

足迹 / FOOTPRINT

26 从“四轮智能”到“全域智能”：“汽车+”不是加法，是乘法

热点 / HOT SPOT

31 麦格纳的技术积淀有多深？

研究 / RESEARCH

34 为何中国市场关键色是“青影黑”？
解读斯维图最新汽车色彩趋势报告

36 AI走向真实世界，为何离不开位置推理

行业 / INDUSTRY

38 为构建绿色制造，汽车企业从哪些方向推进系统性转型？



18 从愿景迈向实际落地，QNX如何应对SDV行业大考？



22 汽车向48V电源架构演进，MPS如何行动？



31 麦格纳的技术积淀有多深？

企业 / ENTERPRISE

40 工业级物理AI从概念走向现实，ABB机器人正在拓展“智造”边界

42 泰明顿集团（TMD Friction）推出全面符合欧VII法规的制动解决方案产品组合

新能源 / NEW ENERGY

44 新能源汽车规模化充电对电网承载力的影响与对策

47 新能源汽车电气系统的故障诊断及维修技术

50 阻燃绝缘塑料在新能源汽车高压充电线束外皮中的防火安全设计

53 算力枢纽省份新能源车减排效应研究

设计 / DESIGN

56 基于机器视觉的汽车零部件外观质量检测研究

59 Q355B拼焊一体式水冷润滑轴承座结构设计与制造工艺研究

62 智能网联汽车协同感知与数据融合研究热点及演化趋势

66 企业环境承诺与员工绿色创造力的关系机制研究
——基于中国新能源汽车制造企业的实证分析

69 基于AI交互的高职汽车课程情境教学实施研究

广告索引

p2 博世华域转向系统易有限公司

p3 杜尔涂装系统工程（上海）有限公司

p5 埃马克（中国）机械有限公司

p7 奎克好富顿投资管理（上海）有限公司

p9 《汽车与配件》新媒体广告

封底 《汽车与配件》小程序广告

上汽集团10月销售43万辆，创年内新高



上汽集团发布最新销量数据，10月上汽集团整车销售43万辆，创年内新高，延续下半年以来逐月环比连涨的良好势头；1—10月，累计销售357.7万辆，销量结构持续优化，市场地位稳固。其中，自主品牌保持快速增长，1—10月上汽乘用车同比增长43.8%，智己汽车增长21.2%，上汽大通增长37.2%；新能源车增速大幅跑赢行业，1—10月销售164.7万辆，同比增长27.7%；海外市场延续高增长，1—10月销售132.8万辆，同比大涨54%。

10月，上汽自主品牌销售33.5万辆，同比增长9.7%，2026年以来已连续10个月实现同比增长；1—10月，自主品牌累计销售263.8万辆，同比增长12.3%，占集团总销量比重达73.7%，较2026年同期提升9.3个百分点，担当上汽集团稳增长的核心引擎。分板块看，上汽乘用车10月销售12.4万辆，同比增长32.7%，1—10月累计销售99.1万辆，同比增长43.8%；上汽大通10月销售3.2万辆，同比增长62.5%，1—10月累计销售24.8万辆，同比增长37.2%；上汽通用五菱10月销售15.7万辆，1—10月累计销售121.7万辆。

10月，上汽海外市场销售16.3万辆，同比大涨67.3%；1—10月累计销售132.8万辆，同比大涨54%，在行业中名列前茅。其中，在上汽最大的海外区域市场——欧洲，MG品牌1—10月累计销售32万辆，同比增长24.7%。在英国，MG品牌9月销售超过1.8万辆，创历史新高。在德国，MG4 EV Urban累计订单突破1.6万辆，第三季度MG品牌全车系订单同比增长177%。在波兰，MG品牌9月销量同比增长88%，1—9月累计销量同比增长44%。

小鹏悠游获批L4级自动驾驶示范运营资质

小鹏汽车近期宣布，小鹏集团Robotaxi“小鹏悠游”正式获批L4级自动驾驶示范运营资质。

小鹏方面表示，此次获批标志着小鹏在自动驾驶领域从技术探索迈入示范运营阶段，小鹏物理AI商业化再进一步。

2026年1月，小鹏集团取得广州智能网联汽车道路测试许可，正式进入常态化L4公开道路测试。3月，小鹏集团成立Robotaxi业务部，统筹产品定义、研发测试与运营全链路工作，加速商业落地进程。

2026年5月，小鹏GX首台 Robotaxi 量产车正式下线。7月，小鹏汽车Robotaxi开始内测，小鹏集团董事长、CEO何小鹏成为第一单用户。

2026年8月，何小鹏透露，搭载第二代VLA的前装量产Robotaxi已在广州完成超2000次内测订单，跑通载人示范运营的全流程。公司已完成云端接管的平台开发，目标在2027年实现无安全员的载客运营。

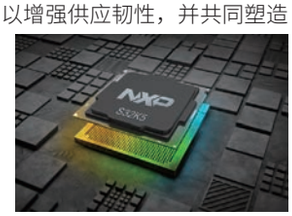


大众携手恩智浦强化战略半导体生态系统

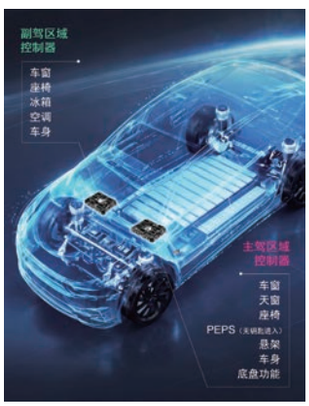
大众汽车集团与恩智浦半导体近日在沃尔夫斯堡国际供应商博览会（IZB）开幕前宣布，双方已达成战略合作伙伴关系。恩智浦S32K5系列微控制器（MCU）将成为大众汽车集团未来软件定义汽车（SDV）架构的重要构建模块，支持集团旗下所有品牌和车型的区域控制器设计。搭载这一新架构的首款汽车计划于2027年推出。

恩智浦S32K5 MCU可将以往需要通过独立芯片和ECU实现的功能整合至区域控制器中，从而降低硬件复杂性。大众汽车集团与Rivian合资成立了Rivian and Volkswagen Group Technologies, LLC（RV Tech），S32K5将作为其所开发的未来区域控制SDV架构的通用构建模块。该架构将应用于两家公司的车辆，并支持各品牌专属的功能与体验。

此次合作是大众汽车集团整体半导体战略的一部分。通过与领先半导体公司建立长期合作伙伴关系，大众汽车集团将其汽车专业知识与尖端芯片技术相结合，以增强供应韧性，并共同塑造未来几代车辆的关键技术。这一举措赋能“大众汽车集团2030目标图景”，旨在发挥不同品牌和地区之间的协同效应，并推动关键技术的统一。



联合电子区域控制器新平台批产

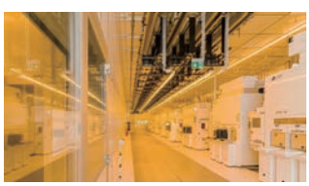


联合电子宣布其区域控制器（Zone ECU）新平台正式进入批量生产阶段，该产品以极致集成、灵活适配、双重安全为核心亮点，单颗控制器承载多个功能域，支持多品牌、多梯度车型无缝兼容，为智能汽车电子电气架构升级提供高可靠、高性价比的核心解决方案。

新产品打破传统功能域壁垒，融合车身、无钥匙进入（PEPS）、座椅、车窗、天窗、eFuse、空调、冰箱及悬架控制等多个核心功能。主、副驾Zone ECU引脚利用率分别高达93.12%和87.88%，主驾控制器在仅300余Pin的规模下，承载了多达50路高边驱动、47路半桥及20路PWM采集，真正达成“一芯多能，一U多域”。其总成设计具备极强平台兼容性，可无缝适配不同品牌车型；同时提供多梯度硬件版本，精准匹配从入门到高端的全系配置需求，为客户降本增效提供坚实支撑。

通过采用统一底层软件栈与高效路由机制，该产品实现跨域功能在同一MCU内的无缝协同。通过预置硬件梯度信息与离线标定数据，系统可自动识别并适配不同配置，实现“大底软”策略，大幅缩短开发周期，提升量产效率。软件层面实现开放合作，支持与客户深度联合开发ASW/BSW，满足多样化的定制需求。

博世将设立专门的半导体事业部



作为博世集团及博世智能出行集团全球业务架构调整的一部分，博世将进一步夯实半导体业务基础：自2028年1月1日起，博世将把半导体业务划归至全新的“半导体事业部”，该业务将继续隶属于博世智能出行集团。目前，博世的半导体业务隶属于汽车电子事业部。

博世不仅希望在现有的汽车以及智能手机、智能穿戴设备等消费电子领域挖掘更多业务增长机会，还将积极拓展机器人等前沿应用。目前，博世芯片已经在机器人领域得到了成功应用。

通过将芯片业务重组为全新的半导体事业部，博世能够使组织架构和业务流程更紧密地契合半导体行业快速变化的客户与市场需求。

“通过组建专门的业务部门，为我们超过60年的半导体业务发展翻开了新的一页。未来，无论是在汽车行业、消费电子领域，还是更多新兴领域，我们都能根据客户需求提供更契合的服务。博世在半导体业务上的独特优势，在于我们在微机电系统（MEMS）传感器领域的市场与技术领先地位，以及将半导体深度融入系统业务的能力，特别是碳化硅（SiC）芯片和专用集成电路（ASIC）。我们希望在此基础上继续发挥优势，将其拓展到精选的新兴市场中。”博世半导体业务负责人Erik Rein表示。

安波福与兆易创新达成战略合作

安波福与兆易创新正式签署战略合作协议。双方将围绕车载芯片产品应用、供应链协同及产业生态建设等领域开展长期合作，共同推动国产车规级芯片在汽车产业的规模化应用。

根据协议，双方将在智能座舱、智能驾驶及车身控制等核心汽车应用领域展开合作，重点围绕车规存储等产品开展导入与验证工作，并推动相关产品在未来车型上的量产应用。双方还将加强供应链协同，共同提升关键芯片产品的供应保障能力和市场竞争力，为客户提供更稳定、高效的产品与服务支持。

除产品合作外，双方还将围绕产业生态建设开展更深入的交流与协同，包括车载芯片测试验证、企业标准体系建设、产业链资源共享及技术合作等方面，共同推动汽车芯片产业链上下游协同发展。

安波福中国及亚太区总裁杨晓明博士表示：“中国不仅是全球最大的汽车市场，也是技术创新的重要策源地。作为深耕中国市场三十余年的全球性企业，安波福持续推进‘在中国、为中国、为全球’战略，不断强化本土研发、制造和供应链能力建设。此次与兆易创新深化合作，将进一步提升本土供应链能力，为客户提供更具竞争力的解决方案，并支持中国汽车产业持续创新发展。”



舍弗勒举办汽车技术研讨会，展示面向未来的创新驱动技术



11月4—6日，舍弗勒面向汽车行业的技术盛会——“2026舍弗勒中国汽车技术研讨会”在苏州举办，来自汽车行业逾800名客户现场感受了舍弗勒在汽车领域的丰富创新成果及技术应用。30余场技术演讲、500余件产品，以及10余辆试驾车辆，全面呈现了舍弗勒在乘用车、商用车、两轮及运动车辆等核心业务领域的技术专长与创新实力。

“面对汽车行业快速变革带来的机遇与挑战，产业链上下游需要加强交流协同，共同探索未来出行的发展路径。本届汽车技术研讨会的举办正当其时，我们希望借此机会与客户分享技术成果、深化合作，共同应对行业挑战，推动未来出行发展。”舍弗勒集团动力系统与底盘事业群首席执行官马迪斯·青克表示，“作为舍弗勒面向客户的重要活动，本届研讨会也是舍弗勒合并纬湃科技后首次在中国举办汽车技术研讨会，将集中呈现合并后更加丰富的产品组合与解决方案。”

本届研讨会聚焦车辆控制、底盘与车身、动力系统、能量管理四大技术主题，展示舍弗勒全面的系统知识和高度的垂直整合能力。

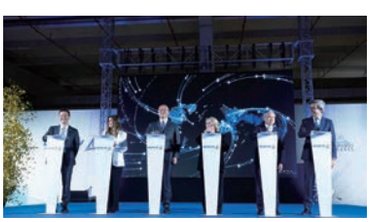
“未来出行不再由单一部件或技术定义，而是取决于整车系统能否实现更深度的融合与协同。舍弗勒拥有丰富的技术组合、强大的本土布局，能够将复杂的系统技术转化为契合市场和客户需求的解决方案。”舍弗勒集团电驱动事业群首席执行官陶斯乐表示，“作为客户的首选技术合作伙伴，我们不只是参与行业变革，更是以创新引领变革，通过创新技术提升效率、推动电动化，为客户创造价值。”

德赛西威西班牙利纳雷斯智能工厂揭幕

德赛西威位于西班牙哈恩省利纳雷斯市桑塔纳科技园的智能制造基地正式开幕，标志着欧洲本地化战略迈出了重要一步。

德赛西威董事长兼总裁高大鹏表示，德赛西威的全球化战略是构建多支点、强韧性的全球化供应链体系，贴近核心市场、贴近客户，降低跨区域交付的不确定性。利纳雷斯工厂的落成将成为欧洲战略迈向新周期的重要支点，与区域研发、服务网络联动，形成“研产销”一体化本地闭环，共同构成欧洲多点布局的韧性体系。

德赛西威利纳雷斯智能工厂总建筑面积约2万m^2，将面向欧洲市场生产汽车零部件，包括车载显示产品、座舱域控制器等，设计年产能280万台，全面达产后预计年产值约3.8亿欧元，计划于2027年第一季度量产交付，将凭借先进的研发与制造能力就近服务欧洲客户，并深化同本地人才及产业生态的合作。该工厂已完成IATF 16949、TISAX、ISO 14001及ISO 45001相关评估流程，覆盖汽车质量管理、信息安全、环境管理及职业健康与安全。依托德赛西威全球一体化数字基础设施支撑，利纳雷斯工厂搭建了智能制造与数字化管理体系，打通研发、供应链、项目与交付管理、质量、财务等各项职能的流程，提升运营可视度、协同效率、质量管控水平与交付能力，高度适配本地运营需求。



巴斯夫在南京建设电子材料新生产基地



巴斯夫与南京江北新区签署投资合作协议，将在南京江北新材料科技园建设全新电子材料生产基地。此次投资进一步彰显巴斯夫致力于通过本地生产、技术专长和可靠供应，支持中国不断发展的半导体产业。

巴斯夫高级副总裁、全球电子材料业务负责人黎博曼（Jens Liebermann）表示：“通过此次投资，我们将进一步强化本地生产布局，以更好地支持客户，并为中国半导体产业的持续发展贡献力量。”

巴斯夫全球营运总裁葛毕莱（Gops Pillay）补充道：“此次投资是巴斯夫‘本地生产服务本地市场’战略的又一重要里程碑。在巴斯夫现有南京业务布局的基础上，此次投资将进一步强化公司的生产、供应链和技术支持网络，使我们能够更好地服务本地客户。”

新装置预计将于2028年年底前投产。新装置还将为巴斯夫与半导体价值链上的客户和合作伙伴开展更紧密的合作提供平台，通过本地专业能力与合作，加速半导体技术的发展。

佛瑞亚海拉新一代角度传感器落地中国

佛瑞亚海拉新一代角度传感器在中国正式投入量产，并已向多家中国头部电动汽车制造商启动量产交付。由德国利普施塔特的全球总部研发团队与上海研发团队联合开发，充分体现了企业深耕本土工程能力、同时依托全球技术积累优势的发展理念。

作为线控转向系统的核心感知单元，角度传感器支撑起下一代转向架构，完全以电子信号替代了转向动作与车轮响应之间的机械连接——实时采集前轮端执行器的旋转位置，将物理信号转化为电子控制单元（ECU）可识别的精准电信号输入，让系统准确解读驾驶员意图，并生成对应的转向指令。

佛瑞亚海拉以“更快、更准、更稳” 三大硬核能力，精准匹配智能辅助驾驶迭代节奏。

精准提升转向响应：改善早期电子转向系统中普遍存在的延迟问题，让车辆既能更快响应驾驶员的操作输入，也能更快执行智能驾驶辅助系统的指令。

无缝融入智能辅助驾驶生态：可集成至车道保持辅助、紧急转向辅助等功能感知模块中，传输精准的位置信息与决策信号，为主动安全筑牢感知底座。

抗干扰能力拉满：具备优异的低频离散磁场信号抗干扰能力，在真实复杂的行驶场景下也能保障转向控制稳定，驾乘体验更加从容舒适。



亿咖通科技与Arm签署合作备忘录



亿咖通科技宣布与Arm签署非约束性合作备忘录。双方将以此搭建合作框架，共同探索与开发面向出行领域及跨行业场景的下一代高性能AI计算平台。

根据备忘录约定，双方将开展系统层面的联合工程开发，涵盖系统级架构定义、性能调优、软件适配、功能安全、工具链与网络安全验证，并同步推进产业生态共建。双方团队将针对中国及全球市场打磨定制化技术方案，除出行场景外，同步拓展至AI终端等更多物理AI跨行业应用。依托双方长期协作积淀，本次合作将为全球客户持续提升计算方案的性能、能效与规模化部署能力。Arm将作为核心合作伙伴，支持亿咖通科技打造高度优化的计算方案，承载出行及多元跨行业场景下的高复杂度物理AI算力负载。

此次合作建立在双方长期合作的基础之上，双方此前已通过芯擎科技展开合作。作为领先的汽车半导体企业，芯擎科技长期为全球主流车企提供先进的车规级系统芯片，其中7 nm车规级智能座舱芯片“龍鷹一号”已实现量产，累计出货量已超百万级，商业化落地表现稳健。目前，下一代5 nm车规级AI舱驾融合芯片“龍鷹二号”也正在开发中。

2026年Automechanika Shanghai以特色展区链接全球，助推汽车关键技术升级

汽车产业正加速向电动化、智能化、网联化持续变革，同时聚焦跨界技术融合。2026年Automechanika Shanghai将以展览展示与会议活动的充分结合，全方位呈现这一演变与市场动态。不仅持续升级往届备受好评的三大概念展区，更将首次打造“空地智联”、“汽车半导体生态”及“质量认证标准”等多个特色展示区，聚焦前沿技术及全球行业标准对接协同，推动“汽车+”概念的跨产业领域融合与落地。本届展会将于2026年12月2—5日在国家会展中心（上海）隆重开幕，届时将汇聚7600家参展企业，展示面积达390 000 m^2。

汽车产业的变革始于乘用车的电动化与数字化，如今已迅速升级为更广泛的技术演进。本届展会聚焦“汽车+”多产业交互趋势，拥抱具身智能、低空经济等新兴赛道的融合浪潮。根据展会主办方的持续调研统计，越来越多参展企业已开启跨产业技术迁移与布局，其产品及技术正逐步延伸至更多相关领域。在即将揭幕的展会现场，这些交互可以通过应用融合交流沙龙等精准匹配的活动形式，探讨具身智能与低空装备制造的真实需求与量产化协同路径；更可以在遍布各个展馆的优质参展企业展位上，实现更深入全面的开放式交流，令汽车产业长期积淀的精密制造体系、车规级品控与规模化交付能力在更多新赛道落地。



10月交付分化：出口正在成为车企增长的“必答题”

文/梅卿

10月销量数据出炉，市场冷热不均，部分品牌走势向上，部分品牌承压。传统“银十”旺季的光环，在2026年10月的国内车市明显淡化，行业并未迎来统一回暖，车企交付成绩走出清晰的分化曲线。一部分企业依托海外市场放量，稳住规模、收获增量；另一部分企业困在国内存量竞争之中，销量与盈利双双承压。国内市场内卷已经进入存量博弈阶段，出口不再是锦上添花的加分项，而是决定车企长期增长底盘的必答题。内外市场的冷暖反差，正在重塑中国汽车产业的增长逻辑与竞争格局。

出海也不再只是个别车企的增量选择，正在成为对冲国内价格战消耗的核心抓手。但海外市场拓展充满不确定性，战略误判带来的成本和风险同样突出。

国内市场承压，增长看海外

10 月交付数据，勾勒出行业结构性分化的底色。在新能源渗透率持续走高的背景下，国内市场的需求红利逐步收窄，价格竞争持续压缩盈利空间，不同品牌的走向出现明显分野。不少头部车企呈现这样的结构性特征：国内市场销量承压，海外销量大幅增长，海外增量填补国内市场的缺口，部分企业依靠海外超额增量实现整体销量上行。

新势力阵营同样分化。零跑延续稳定节奏，连续四个月交付突破10万辆，站稳规模梯队；小鹏10月整体交付迎来新高，海外业务贡献突出；小米汽车站上5万辆台阶，新品节奏带动国内订单释放。而理想等品牌交付出现同比、环比回落，部分合资品牌、传统车企国内板块份额收缩。

交付分化背后体现清晰关联：具备稳定海外增量的品牌，抗周期能力更强；聚焦国内市场的品牌，更容易承受存量竞争压力。不少车企国内大盘增长乏力甚至下滑，依靠海外业务补齐缺口，增长来源的差异直接反映在交付成绩单上。

根据车企公开交付数据，奇瑞、比亚迪、上汽、吉利等头部企业10月海外销量均突破10万辆，奇瑞单月出口20.06万辆，稳居国内车企出海前列；比亚迪10 月出口17.02万辆，创单月新高。上汽集团出口及海外基地销量保持高速增长，是集团内部高增长板块。这一组对比说明，在国内需求进入平台调整期之后，海外拓展能力，直接影响车企交付成绩单的成色。零跑与Stellantis达成合作，B10车型于10月在西班牙萨拉戈萨工厂正式启动量产；小鹏汽车依托麦格纳奥地利格拉茨工厂开展欧洲本地化整车制造，持续扩充投产车型。

一个值得关注的结构性变化是，出口带来的价值不止销量增量，还能跳出国内价格战的桎梏，打开新的盈利窗口。

增长逻辑切换，出口从“补充”转向“第二增长曲线”

过去很长一段时间，国内车企出海大多遵循“国内为主、海外为辅”的思路，海外市场主要用来消化富余产能、挖掘低价增量。从10月交付结构来看，这套逻辑已经发生转变，出口正在成为重要的第二增长曲线。

即便稳住销量规模，国内市场盈利修复难度依然较大；成熟海外市场拥有更友好的定价环境，更高的出口占比有助于车企摊薄研发、制造固定成本，托住整体经营盘子。与此同时，全球电动化转型节奏并不均衡，东南亚、拉美、中东、欧洲等区域新能源渗透率仍处在上行通道，本土供给存在缺口。中国车企依托三电、智能座舱、整车制造的产业链优势，能够快速转化为产品竞争力。

小鹏汽车是这一逻辑的直观例证：10月海外交付13326辆，同比增长166%，创下品牌海外单月交付新高，海外增速显著高于国内，成为突破增长瓶颈的抓手。这类案例并非个例，越来越多车企制定年度经营目标时，会单独设置海外销量目标，不再把出口视作国内市场的附属板块。增长逻辑切换的本质，是车企经营思路从单一国内市场，转向全球市场统筹布局。

出海不是简单卖车，是一套完整的全球能力建设

当前中国车企出海，早已告别早期单纯整车出口、主打低价市场的阶段，转向本地化生产、渠道、售后、产品适配的体系化布局，这也是出口增量能够长期持续的底层支撑。

市场布局上，车企普遍采用多区域均衡策略。欧洲是新能源核心攻坚市场，奇瑞、比亚迪、小鹏等持续投放适配当地法规、用户偏好的车型；东南亚、中东、拉美等新兴市场保持较高增速，燃油、混动、纯电车型同步销售，分散单一区域政策风险。海外建厂是重要的落地方式，便于贴近本地供应链与消费市场。

产品层面，新能源车型是出口增长主力。依托国内动力电池、电控、智能座舱完整产业链，国产新能源车型在续驶、能耗、智能化方面具备竞争力。车企面对不同市场做差异化适配：成熟市场侧重高端纯电，同时结合欧洲公共充电配套的短板，加大插混车型投放；新兴市场则兼顾高性价比燃油与混动车型，产品更侧重可靠性、基础智能配置与成本控制。出海不再是国内车型简单外销，而是基于区域法规、基建条件、消费习惯做针对性开发与版本适配。

盈利红利并非天然可得。这一优势仅属于已经搭建好渠道、售后与品牌体系的企业；仅依靠整车低价外销的模式，难以形成稳定盈利。

面对全球贸易的不确定性，头部车企通过自建、合资、代工等多种路径落地本地化产能。比亚迪、奇瑞、上汽、吉利均在推进相关布局，逐步从单一整车出口走向本地生产、本地供应、本地服务的模式。本地化产能可以直接缓冲贸易限制、缩短交付周期；与之配套的经销、售后网络和用户运营同步落地，才能把产能优势转化为品牌口碑。

品牌建设权重持续提升。当下车企主动在海外搭建独立品牌体系，参与国际车展，落地本地化营销与用户运营，尝试跳出“低价中国制造”的标签，向中高端市场渗透。

出海的现实约束与能力分化

出口的高增长伴随高风险，多重外部约束持续抬高出海门槛，行业进入“高增长、高风险”阶段。全球贸易保护政策增多，碳关税、本地含量要求、反补贴调查等规则持续加码，车企需要持续跟踪法规变化，提前做好合规预案。

海外市场竞争同样在加剧。欧洲本土车企、日韩品牌加速电动化转型，叠加中国品牌在海外同台竞争，海外市场也逐步走向白热化。搭建海外全链条运营体系需要大额持续投入，回报周期长，考验企业资金链与组织能力。

> 国内市场仍是基本盘，但仅守国内市场，增长空间会持续收窄。全球化布局不再是可选项，而是对冲周期、打开增长天花板、分摊研发成本的核心路径。

门槛抬高之后，能力分化随之放大。资金储备充足、产业链自主可控的头部车企，有能力同步布局多个区域、建设海外工厂、搭建售后网络，持续把握全球电动化红利；部分中小品牌缺少海外渠道积累，难以承担海外认证、本地化建厂的成本，出海试错成本很高，一旦海外拓展受挫，国内份额也会承压。10月呈现的交付分化，在未来一段时间还会延续。能够跑通全球化体系的车企，拥有更大生存空间；固守国内存量市场的企业，增长压力将持续加大。

行业共识逐步清晰：国内市场竞争，本质是全球竞争的前置赛场。车企在国内打磨的整车平台、三电与智能技术，最终要在全球市场接受检验；海外用户的反馈也会回流研发端，反哺产品迭代。全球化并非短期冲量工具，而是产业升级的必经之路。

结语

10月交付分化传递出明确信号：国内市场仍是基本盘，但仅守国内市场，增长空间会持续收窄。全球化布局不再是可选项，而是对冲周期、打开增长天花板、分摊研发成本的核心路径。

未来的竞争，是“国内基本盘+海外增长极”的双轮驱动比拼。头部集团需要持续完善海外本地化生产、供应链与服务网络，提升品牌溢价，规避低价内卷；新势力需要把海外渠道建设、区域合规、本地化运营，放在和国内车型、智驾能力同等重要的位置；对规模偏小、暂未布局海外的车企而言，增长窗口正在收窄，这类品牌要么深耕国内差异化赛道建立壁垒，要么择机启动海外布局。

出口这道题没有捷径，低价走量的老路已经难以持续。最终考核的不是短期出口销量数字，而是全球合规、本地化运营、供应链管控、品牌建设的综合能力。在全球汽车电动化转型周期里，能够稳步搭建全球化体系的企业，才有机会穿越周期。A



从愿景迈向实际落地，QNX如何应对SDV行业大考？

——访QNX大中华区首席代表董渊文

文/陈琦

SDV发展至今，究竟存在哪些痛点？身处一线的汽车软件开发者，最大的疑虑落在何处？渴望打破国内竞逐困局、争相以智能电动车业务出海的主机厂，又该如何行动？将SDV视为重中之重的QNX，针对这些问题，交出了2026年《驱动未来：SDV开发者报告》这份答卷。

纵观全球汽车市场的SDV行业，局势风云诡谲，多股力量交织博弈。

而残酷的竞争背后，不仅仅是各方思考如何将汽车从硬件驱动转向以硬件为载体、以软件定义功能、以OTA实现持续迭代的产品，更是主机厂与供应商们的拉扯与共生。

那么，SDV发展至今，究竟存在哪些痛点？身处一线的汽车软件开发者，最大的疑虑落在何处？渴望打破国内竞逐困局、争相以智能电动车业务出海的主机厂，又该如何行动？

作为BlackBerry有限公司旗下部门，QNX致力于为软件定义系统和物理AI系统提供值得信赖的基础，确保其在现实世界中安全、稳定且可预期地运行。将SDV视为重中之重的QNX，针对上述问题，交出了2026年《驱动未来：SDV开发者报告》（以下简称《报告》）这份答卷。

对SDV行业的灵魂拷问

SDV行业若要从愿景迈向实际落地，免不了几重灵魂拷问。

在QNX大中华区首席代表董渊文看来，汽车行业正处于关键转折点，车企加快软件开发节奏，以提升交付效率。随之相伴的是竞争加剧，令企业必须在软件开发速度、可扩展性与功能安全、可靠性之间取得平衡。

“以中国市场调研结果为例，一般中国车企会为本土市场做一个平台，再为海外市场做另一个平台；多个车型应用同一平台，不同车型之间的软件复用应当释放更多资源，但国内、国外市场各有平台，致使维护成本较高。SDV行业之痛，首先体现于软件开发过程中，跨车型、平台或产品线的可扩展性不足。”

软件交付压力正肉眼可见地加剧，这是摆在供应商面前的另一道难题。特别是在开发周期日渐缩短的中国市场，这一挑战尤

为明显。《报告》显示，随着中国SDV生态从快速功能创新进入更复杂的规模化发展阶段，几乎一半中国受访者把调试与测试列为主要开发挑战。

“软件开发者在重复解决相同的集成、软件开发和功能安全问题。当三分之一的工程投入被用于重建应用层以下的软件时，就意味着有三分之一的资源无法用于开发驾驶者真正能感知到的差异化功能。”董渊文坦言，“调试已成为开发者面临的最大挑战，团队对生产力的信心持续下降，而网络信息安全也成为首要关注事项。这反映出技术复杂性带来的影响。为了降低这种复杂性，开发团队需要一个可信赖的软件基础，能够在此基础上进行开发、认证并复用，而不是每个项目都从零开始。”

除了内因，外部因素亦至关重要。监管与合规复杂性，也给SDV软件开发带来了一定程度的困难。

2025年，全球新出台了700多项影响车载技术的法规或立法提案。近几年，我国有关部门对功能安全标准越发重视，多项强制标准也陆续出台。《报告》显示，33%的受访者认为新法规或立法导致开发时间表延迟，但也有39%的受访者认为开发时间表被加快。这种分化，意味着主机厂管理合规要求的能力参差不齐。

纵然汽车市场的SDV行业前景可期，但在“内忧外患”的夹击下，车企亟需专业的合作伙伴一起化解阵痛。而QNX正是其中一员。

QNX助力中国车企破局

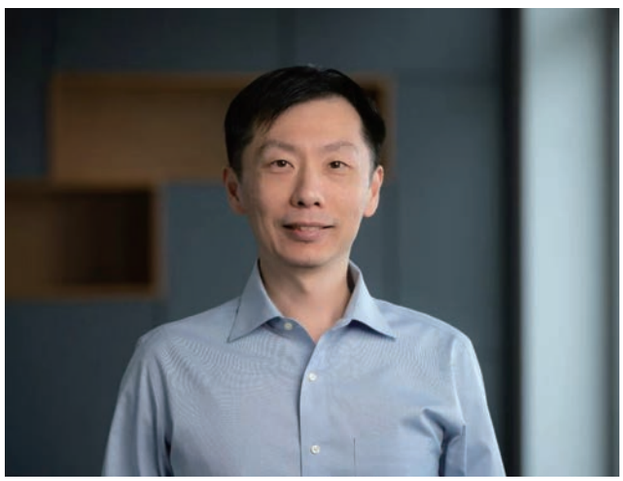
中国汽车市场SDV行业的演进方向与全球市场趋于一致。那些堆叠在中国车企面前的难题，也可谓全球共性课题。

那么，中国车企该如何破局？在SDV生态中，QNX又能发挥何等作用？

对此，董渊文表示，QNX在46年的发展历史中，提供以操作系统为核心的软件基础，聚焦对功能安全和网络信息安全有高要求的领域。特别是在汽车电子领域，座舱、智驾、车身控制等每一处都可见其身影。

如今，网络信息安全已从技术考量上升为行业核心关注点。《报告》中，近半数受访者认为网络漏洞是SDV规模化落地过程中的最大风险。功能安全和网络信息安全，被认为是未来5年中国软件开发者最关键的两项技能。

而功能安全和网络安全能力，恰恰是QNX的核心优势之一。“我们已获得德国莱茵TÜV认证、符合汽车行业最高功能安全标准ISO 26262 ASIL D，QNX OS for Safety 8.0也具备ISO/SAE 21434网络安全相关合规能力。”



QNX大中华区首席代表 董渊文

与此同时，中国汽车市场的SDV行业，在规模化部署、安全能力建设及智能化体验创新等方面呈现更加鲜明的本土特色。

观察到这些现象的QNX，将优秀的底层技术开发能力贯彻始终，为合作伙伴筑牢底座。例如2025—2026年较为代表性的零跑D19项目，就是QNX为中国车企提供基础软件平台、实现量产落地的真实写照。

中国车企出海正当时，董渊文表示，车企必须符合当地功能安全和网络安全要求，而QNX把能力整合融入他们的方案中，助力中国品牌进军海外市场。“QNX过去是把国外的平台引进中国，通常海外先量产，中国要迟一两年；而现在是中国先量产，海外后量产，我们正在把中国的先进技术和方案带往全球。”

如今，QNX的客户及合作伙伴已涵盖全球前十大汽车制造商、七大一级供应商及全球前25家领先电动汽车制造商中的24家。其与中国车企缔结了深厚的合作关系，为他们在国内、国外的发展提供强有力的支持。

值得一提的是，与时俱进的QNX，创新从未止步。人工智能飞速发展，AI将于未来3～5年在汽车软件开发中扮演“变革性的、成为未来开发的核心”这一角色。目前，QNX已对内利用AI工具提升开发效率；对外则支持AI场景，通过API接口让常见AI调用库能在QNX的平台运行，并持续探索更多新的可能。

畅想未来，诸如AI驱动的个性化、完全自动驾驶、与智能基础设施的无缝集成、集中式计算架构等功能，都会为重塑SDV行业形态推波助澜。而QNX将如何把握机遇、顺势而为，我们不妨拭目以待。A

元器件技术，为智能出行的演进沉淀出厚度

——访村田中国Mobility市场事业群总经理土桥信裕

文/陈琦

随着智能汽车驶入生活，科技的发展高度得以被看到。而看不见的，是藏在车辆深处的元器件技术，悄然为智能出行的演进沉淀出厚度。

这有点像一个好故事，既要有宏大叙事的视野，也需要细节的推敲与落笔。

恰如村田中国Mobility市场事业群总经理土桥信裕所言：“在CASE浪潮下，汽车正向互联、自动化、电动化及共享服务深度转型。智能驾驶不再只是算法和芯片算力的竞争，更是底层硬件可靠性的考验。”

随着车载系统复杂度不断上升，系统对元器件提出了更高的要求，例如高温保证、深层抑噪、长效可靠、高压适配和精准感知。在元器件领域有着深厚积累的村田制作所（以下简称“村田”），也由此迎来新的市场机遇与技术挑战。



村田中国Mobility市场事业群总经理 土桥信裕

为智能出行筑牢底座，大事起于微末

“元器件的性能边界，会影响智能驾驶系统的安全上限。”

第三十三届中国汽车工程学会年会暨展览会（SAECCE 2026）期间，土桥信裕向本刊记者分享了他的观点。

从技术趋势看，自动驾驶升级意味着芯片算力提升，也意味着底层元器件性能需要同步跃迁。L2+正在普及，L3、L4商业化也在加速，市场规模持续扩大。同时，高算力芯片带来的功耗增长，会让电源噪声和瞬态电流变化更加复杂，对供电稳定性提出更高的要求；复杂路况下，传感器精度也会影响车辆决策和安全。

大事起于微末，智能汽车背后的小小元器件正越来越凸显其价值。

基于上述行业变化，村田跟随智能驾驶技术路线进行前置研发，并且把相关技术从自动驾驶延伸到下一代智能载体。这里有两类核心支柱：一类是电容器、电感器等基础被动元件，用于保障电源完整性和信号纯净度；另一类是IMU惯性测量单元等功能器件，用于提供精准姿态感知和导航辅助。

智能移动出行技术边界不断延伸。土桥信裕对此表示，低空经济和eVTOL对安全性、可靠性和轻量化要求很高，这与车载应用对元器件的要求有较强共通性。村田在汽车领域积累的高可靠性元器件技术和品质管理经验也可延续至此。

而人形机器人，和智能驾驶在底层技术上也有共鸣。村田可以把车规级自动驾驶阶段积累的安全设计经验迁移到人形机器人领域，例如安全认证元器件、冗余数据通道、通信安全特性等，为机器人提供可靠性和合规基础。

以在汽车领域经过大量L4级别应用市场验证的村田IMU为例，其高精度和高可靠特性可以迁移到人形机器人的姿态控制、自主导航和运动追踪中。

“我们会以车规级产品和技术积累作为支持这些新兴市场的重要基础，帮助客户在标准尚未完全明确的阶段降低开发风险。”土桥信裕说道。

打造系统级支撑能力，成就长期价值

村田作为全球领先的电子元器件制造商，在汽车领域以高可靠性、高品质的车规级元器件著称。

然而，村田制胜市场的要领，从来不是单一器件的参数竞赛，而是围绕稳定供电与高速信号完整性的系统级支撑能力。

电容器方面，智驾SoC算力指数级跃升，芯片功耗激增导致电源分配网络的阻抗控制与瞬态响应难度陡增，单纯堆砌电容数量已无法满足大电流、高频率下的供电稳定性诉求。而村田的电容器方案同时覆盖芯片封装内部与主板两个层面，一举化解行业痛点。

电感器方面，如今车载网络高速化对信号传输和电磁兼容提出高要求，而村田面向不同SerDes标准提供PoC电感整体解决方案，不仅有多规格产品，还提供EMC仿真、S参数实测及PoC带载测试等技术支持，能助力客户推进项目快速量产。

IMU传感器方面，村田IMU作为SDV（软件定义汽车）实现高阶自动驾驶的“数字基石”，为车辆提供稳定可靠的位置感知信号基础。同时，其面向ADAS及自动驾驶等应用，提供六自由度运动测量能力。

“我们具备两大优势，一是面向未来OTA升级能力，高精度IMU能为后续智驾等级升级预留硬件能力，支持软件定义汽车；二是多域信号复用，一颗高性能IMU可以覆盖多个控制域需求，帮助客户降低BOM成本并简化系统设计。”土桥信裕分享道。

值得注意的是，村田交到客户手中的产品，皆通过质量管理体系、产品可靠性标准与功能安全开发流程三个层面的验证，构筑车载准入与功能安全的基线。

具体来看，质量管理体系方面，包括无锡村田工厂在内的多个村田中国生产据点已经取得IATF 16949汽车行业质量管理体系认证；产品可靠性方面，村田车载MLCC、车载静噪元件和车规IMU均符合AEC-Q200或AEC-Q100等车规标准，覆盖温度循环、湿热、振动和机械冲击等加速试验项目；功能安全方面，面向汽车应用，村田通过取得ISO 26262开发流程认证，提供具备功能安全特性的传感器产品。

“最终，品质能力会体现为客户的系统级成本优化和终端产品的长期价值。”土桥信裕强调。

加强本土化战略布局，高瞻远瞩未来

锚定中国这一关键市场，村田持续深化本土化布局，从研发到供应链为客户提供全方位支持。

“我们在中国主要汽车产业集群地部署了本地FAE团队，可以深入客户研发中心，提供从选型、电路设计到PCB布局的指导；也能协助客户进行快速样品测试、性能评估和故障分析，缩短智能驾驶系统开发周期。”土桥信裕说道。



如今，村田已在中国形成制造、研发和销售的完整布局。生产端，村田在无锡、东莞、深圳、佛山、珠海及台湾等地设有生产据点；研发端，村田在上海、武汉等地设有研发中心；市场和销售端，总部承担中华圈市场与销售统括。

针对市场变化，村田中国率先启动组织架构变革，持续优化以贴近本土市场需求，组建包括Mobility BU在内的战略事业群，通过更专业化的BU运营体系来匹配本土市场需求。无锡村田电子有限公司是村田集团海外最大的生产基地之一，提供车载MLCC和热敏电阻等汽车电子相关产品，第三工厂已于2025年5月开业。

技术支持方面，村田在上海、深圳、北京等据点配备用于PoC带载测试的整套设备及EMC测试设施，包括上海3m电波暗室和深圳车载设备用屏蔽室。这些设施会与销售网络、本土技术支持团队形成配合，在客户方案选型早期提供测试、仿真和方案优化服务，全面支持本土客户和产业发展。

土桥信裕坦言，市场竞争日渐白热化，村田立志从三方面夯实内功：

第一，推行深度协作模式，与OEM、Tier 1、IC厂商和行业联盟在产品定义阶段提前沟通，把应用变化纳入技术和产品规划；第二，依托从材料到产品的一体化生产体制，保障制造稳定性和全球供应韧性；第三，坚持以市场需求为起点制定清晰路线图，把市场路线图反映到产品路线图中。材料部门会着眼未来3～5年，商品部门会着眼未来1～3年，推进具有前瞻性的技术开发活动，并通过市场部门持续听取客户意见、进行内部假设论证，合理规划研发和导入市场的时机。

“我们正从元器件供应商，进一步转变为深度参与客户设计的技术伙伴。”土桥信裕如是说。A

汽车向48V电源架构演进，MPS如何行动？

文/陈琦

“汽车向48V电源架构演进，是整车电子电气架构变化带来的系统性需求。”在MPS芯源系统近期举行的汽车媒体发布会上，MPS汽车产品线副总裁Allen Chen分享了他的观点。

随着汽车电子电气架构的不断发展，高级驾驶辅助系统（ADAS）、智能座舱、中央计算平台等应用提升了整车的功率需求，也对低压供电系统的效率、功率密度与可靠性提出更高的要求。

而48V电源架构，凭借更低的传输电流与损耗，为高功率车载负载和新型电子电气架构提供了新的供电路径，正成为汽车低压电气系统的重要发展方向。

48V从概念迈向现实，三大趋势成关键

“48V已不再是未来概念，而是正在发生的现实。”

Allen Chen指出，中国及北美市场都已有采用48V电源架构的车型项目进入量产和落地阶段，整个行业的开发节奏有望进一步加快。

过去，人们往往从降本角度理解问题；而今，越来越重要的驱动力在于，车辆需要更多功能、更高功率，以及丰富的用户体验。特别是AI和诸多智能化功能进入汽车，供电系统也必须跟上整车架构的变化。虽然推进48V变革并非一路坦途，但整个行业的发展已势不可挡。

在Allen Chen看来，推动48V发展的关键，并不是简单地更换电池，而是整车电子电气架构和功能需求发生变化。这当中有三个值得关注的趋势：

首先，区域控制架构逐步普及。

传统汽车通常通过大量分散的电子控制单元（ECU）分别控制不同功能。区域架构则会根据车辆的物理位置，将相关功能整合到少数几个区域控制单元（ZCU）中。未来，一辆车可能通过3~5个区域控制器管理大量原本分散的功能，供电需求也会随之提高。

其次，线束与供电路径需要优化。

区域架构优化车辆线束的优势，并不只体现在传统意义上的线束数量和重量，还会影响连接器及PCB设计。对于相同功率，提高电压可以降低电流，从而减少传输损耗，并为线束规格、布线和系统布局创造更多空间。



MPS汽车产品线副总裁 Allen Chen

再者，高功率负载持续增加。

ADAS计算平台、AI计算单元、智能座舱、车载娱乐系统、转向与悬架系统、热管理执行机构等应用，都在提高车辆的低压供电需求。

“48V的到来，并不是因为我们选择了48V电池，而是汽车架构和功能的发展让48V逐渐成为满足系统供电需求的重要选择。”Allen Chen如是所言。

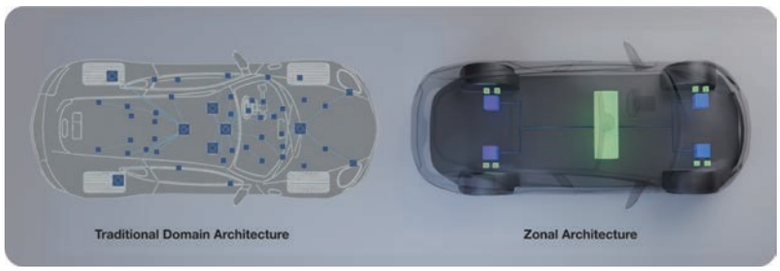
多重挑战亟待破局，MPS给出解题思路

48V的应用价值，并不局限于传统动力相关系统。

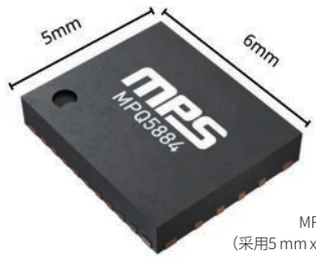
更高功率的车载计算平台、矩阵式及投影式照明系统、高输出音频系统，以及主动底盘和热管理执行机构，都可能从48V供电中受益。此外，许多机器人平台本身即采用48V供电，与汽车48V在架构、器件和技术路线上高度相通。

但是，与机遇相伴相随的，通常是挑战。

尤其是在集中式计算架构下，更多功能被整合到有限的空间内，电源系统不仅要满足功率需求，还必须处理热量集中、故障隔离和供电连续性等挑战。



传统域控架构（左）与区域架构（右）对比示意图



MPQ5884产品图
（采用5 mm x 6 mm超小QFN-30封装）

因此，48V架构的落地需要从整车功能、区域划分、电源路径到芯片器件进行协同设计。如何在提升供电能力的同时，兼顾系统效率、空间利用率与功能可靠性，成为了汽车厂商及供应链企业共同面对的设计课题。

Allen Chen指出，设计不能再仅仅停留在“把A芯片、B芯片和C芯片组合起来，只要各自参数合适就可以”的思路。工程师需要从整车系统出发，一直考虑到电源器件、模拟芯片、功率级乃至晶体管层面的行为，理解它们组合后可能产生的系统性影响。

带着这样的解题思路，MPS将电源管理技术积累与汽车应用需求相结合，围绕电源保护与分配、电压转换及负载供电等关键环节布局解决方案。

“过去，整车厂或许会把需求交给一级供应商，由供应商选择器件并完成设计。但面对新的48V架构和集中式计算需求，整车厂与半导体解决方案提供商之间需要更直接、更频繁地沟通。一级供应商仍在发挥重要作用，但系统级挑战要求各方更早协同，理解实际负载、故障模式及器件之间的相互影响。中国部分新能源汽车企业采用更垂直整合的开发模式，在这方面具备一定优势；其它地区的车企也在逐步调整协作方式。”Allen Chen分享了他的经验。

从产品布局到标准制定，MPS正在行动

MPS的产品布局，覆盖完整电源路径。在研发过程中，其看重新产品的有机合作，共同实现系统层面的解决方案。

具体来看，MPS的48V汽车电源解决方案覆盖前端电源调理、理想二极管、电源保护与分配，以及降压转换和末端负载供电等关键环节。

以MPQ5884-AEC1为例，它是MPS推出的车规级全集成48V电子保险丝（eFuse），以高集成度、超低阻抗、全面保护和智能可靠为核心优势，帮助工程师简化电源保护设计，打造更高效的48V电力系统。

此外，MPS还针对不同应用场景提供多种48V解决方案，包括用于电源保护的MPQ588X与MPQ589X系列电子保险丝，采用MPQX7860音频控制器搭配MPQ806X功率级的48V音频方案，以及基于MPQ1230X套件与MPQ148XX电源模块（Power Block）的48V LLC转换方案。这些产品进一步拓展了MPS在48V电源保护与分配、高输出音频供电及高效电压转换等领域的布局。

MPS汽车产品线高级经理Junjian Zhao指出：“区域控制单元的难点不在电路本身，而在体积和散热。当更多功能被集中到更小的空间里，电源方案必须从封装和热设计开始考虑。”

除了用心打磨产品解决方案，MPS也在积极参与ISO 25769相关工作组，与来自欧洲、日本、韩国、中国和美国的整车厂、一级供应商及半导体企业共同推进汽车低压电气系统相关要求与测试方法的讨论。

据悉，ISO 25769系列标准聚焦12V、24V及48V相关电气部件的测试与要求，旨在为新型低压电源架构的设计与应用提供标准依据。

“我们不只解读标准，更是参与标准的制定过程。标准提供基础框架，但真实车辆中的架构、线束布局和负载特性，决定了相关要求如何落实到具体应用中。”Allen Chen强调，“很重要的一点是，无论何种系统，当真正把系统连起来时，就会发现很多芯片开始出现问题。这就是为什么一定要讨论整个系统，否则芯片层面的挑战很难被看到。”

写在结尾

48V的出现，为汽车半导体行业带来了全新变革，甚至可以说是一次全面重构。

正如Allen Chen所言，“如果企业仍停留在传统的元器件层面思考问题，很容易被行业的发展甩在后面。MPS不会简单地从单颗电容、电感的价格和规格出发考虑问题；而是思考如何为客户和市场提供完整、可直接应用的系统级解决方案。”

很显然，拥有系统级思维的MPS，已经在这场行业巨变中迈出坚定步伐。A

以数据与算力为基，SEEWAY.AI驶向新一站

文/编辑部

当中国汽车从“规模取胜”迈向“价值制胜”，当AI从功能点缀进化为产品中枢，智能化的深水区正在重新定义竞争的底色。四维图新以数据与算力为双轮，在汽车智能化的赛道上持续深耕，并将成熟的产业经验外溢至更广阔的移动智能体新赛道。

近期，四维图新在上海举办2026 EVOLUTION创想大会。四维图新CEO程鹏全面解读穿越“极点”的破局方向，以数据与算力为基，答行业焦点之问，并正式公布向移动智能体领域拓展的战略布局。

数据之战，先拿好合规这张入场券

“过去十年，中国新能源赢在电池；未来十年，中国汽车要赢在数据。”程鹏的判断直指行业下一个核心战场——数据已成为汽车智能化的“第二战场”，而用好数据的前提，是合规。

监管的门槛正在快速抬高。2026年9月，GB 48319与GB 48320两项时空数据安全新强标正式发布，将于2027年10月实施，四维图新作为参编单位参与起草。叠加6部基础法律与多部门监管，合规已不是可选项，而是智能化绕不开的“入场券”。

二十多年深耕数据领域，四维图新构建了从数据来源到合规应用的完整闭环链路，让数据安全流动、持续进入智能化迭代。目前累计完成合规交付案例170+，服务主流车企及行业客户60+，覆盖开发测试、量产车、智能网联等多元场景。

中国车出海，数据怎么过“数字海关”？

伴随中国汽车出口规模快速扩张，新能源汽车成为出海主力。产品出海的浪潮之下，技术出海的挑战也随之而来。

技术出海，过的是“数字海关”。数据主权、本地化、安全审查三重门槛，要求逐市场适配规则。四维图新推出的车企出海数据合规闭环解决方案，目标就是帮助车企实现“数据本地化，模型全球化”。

四维图新已形成覆盖全球主流市场的一站式全球导航解决方案与海外车道级导航交付能力。在该领域公司正积极推进与华为HMS for Car的长期合作，围绕智能导航、生态服务、智慧语音、智能网联等业务方向持续协同稳步推进，共同助力中国车企出海。

SoC与MCU双线挺进，国产算力有望突围

数据与全球化的背后，是算力底座的硬支撑。四维图新旗下杰发科技，以车规SoC与MCU构筑起国产算力底座。

经过十年车规实践，产品路线图已经清晰：SoC向AI座舱与融合计算上移，走向全球市场与更多场景；MCU进入高安全域控与区域控制，在多元场景中持续深耕。

车规级SoC产品线已迭代至第六代，累计出货超1亿套片，出海量产车型100款+，出海比例达50%+。面向高阶AI座驾与舱驾一体的第六代SoC产品AC8035计划于2027年一季度上市，重点强化安全、外设接口，兼顾国内及海外市场合规要求，瞄准高性能舱驾融合市场。

车规级MCU产品线从边缘节点走向核心应用，四代产品累计出货1.5亿+，配套量产前装车型300+，覆盖国内主流车企90%+。在此基础上，车规MCU围绕整车11大功能域、67类细分应用场景，通过芯片、算法、软件和工具协同，让芯片能力更贴合场景应用，帮助客户优化开发投入与系统成本，探索更贴合其电子电气架构节点需求的MCU产品。

旗舰AC7870为6核R52 ASIL-D高安全MCU，主频360 MHz、28 nm工艺，应用于新能源三电、动力域控、底盘EPS等核心场景。在国产替代进程中，AC7870补齐了国产高端域控MCU的短板，打破海外厂商在ASIL-D 高安全域控市场的长期垄断。目前，该芯片出货量持续攀升，已有多家头部客户进入设计导入阶段。

汽车验证过的SoC能力还向两轮车智能化延伸。目前，相关产品已获20家OEM项目定点，并在张雪机车等车型上实现量产落地，持续为四维图新带来增量市场。



四维图新CEO 程鹏

> 四维图新正式将汽车智能化的技术与工程经验外溢至移动智能体领域，提出“移动智能体的超级伙伴”的全新定位。

千元行泊一体+舱驾融合，把极致性价比进行到底

有了数据和算力底座，智能化应用才能规模落地。四维图新的打法是：极致性价比扩大普及，平台化工程支撑量产与全球适配，数据闭环打磨安全体验，AI产品化让技术进入真实车型。

辅助驾驶领域，其千元内行泊一体解决方案以5V3R12U/6V3R12U传感器搭配征程®6B芯片，算力18~20 TOPS，覆盖L2 ADAS、APA/RPA泊车及C-NCAP/E-NCAP适配，目前累计量产定点达270万套。四维图新已构建从车端数据采集到自动化验证的完整数据闭环体系，以真实行驶持续反馈打磨体验。

智能座舱领域，基于四维图新参股公司四维智联的解决方案，累计出货超400万台，服务30+客户，覆盖全球100+个国家。舱驾融合进一步将极致性价比推向新高度——高集成度设计使整车成本下降30%，覆盖高速NOA、记忆泊车、城区NOA等功能，让完整智能体验进入主流车型。

发布会现场，程鹏正式发布面向全球市场的AI原生智能座舱解决方案。随后，微软中国副总裁兼汽车事业部总经理苏坦、微软大中华区首席伙伴官庆雪辉共同上台，与程鹏围绕AI座舱的全球化合作展开对谈，分享双方的协同探索，共同展望智能座舱出海的新图景。

此次合作，将四维图新在人工智能、智能座舱、高精度地图与数据合规领域的积累，与微软在全球云基础设施、多语言语音、人工智能与生态伙伴网络等方面的能力深度结合，面向中国车企出海场景，提供覆盖多语言交互、全球导航、本地化合规与车载应用生态的一体化智能座舱体验。双方将携手推动AI座舱从中国走向全球，让智能出行服务跨越语言与地域边界，融入全球用户的日常出行。

从汽车智能化到移动智能体的新跃迁

此次大会最引人注目的动作，是四维图新正式将汽车智能化的技术与工程经验外溢至移动智能体领域，提出“移动智能体的超级伙伴”的全新定位。在程鹏看来，汽车智能化沉淀的真实世界感知、决策与量产经验，正是移动智能体产业的核心支撑。

围绕这一战略，四维图新拿出了从数据、合规到算力的完整布局。数据侧，RND时空数据集已在2026北京亦庄人形机器人半程马拉松中服务22家具身机器人厂家，助力机器人完成21 km自主奔跑；双目视觉融合感知终端、精细动捕手套等覆盖从空间到指尖的多元数据维度。合规与标准同步推进——汽车领域验证过的数据合规体系平移至智能体场景；四维图新任工信部人形机器人与具身智能标委会（TC8）数据工作组（WG7）组长单位。端侧算力方面，SoC与MCU产品矩阵覆盖从“大脑”到关节执行的全层级需求。“数据是移动智能体共同的血液。”程鹏强调。

在智能驾驶的竞技场上，四维图新一直坚守自己的路径：做最可靠的量产伙伴，打造全栈能力的协同优势。从地图到汽车智能化，再到移动智能体，四维图新正以数据与算力为核心，一步步拓展发展边界。

智行万里，新途与共。在AI驱动的产业变革浪潮中，四维图新正以“移动智能体时代的超级伙伴”的新身份，与行业伙伴一路同行。 A



从“四轮智能”到“全域智能”：“汽车+”不是加法，是乘法

文/艾克

当智能汽车与具身机器人技术栈重合度超过70%，当eVTOL三电系统与新能源汽车高度同源，低空经济又在2026年从“试点飞行”迈向常态运营，“汽车+”已不仅是展会主题，而是一场从“四轮智能”走向“全域智能”的产业范式迁移。

2026年政府工作报告首次提出“打造智能经济新形态”，以“人工智能+”为牵引加快新一代智能终端推广，同时将低空经济明确列为新兴支柱产业。上半年国内L2及以上智能驾驶渗透率突破70%，具身机器人出货量突破万台，产品走出实验室，产业化进程明显提速。低空经济的节奏更快一步：2025年市场规模已超8500亿元，2026年预计突破万亿元；美团、顺丰开通的低空航线超过1400条，无人机物流进入常态化运营并出现盈利信号；eVTOL适航取证也在密集推进，多款机型进入符合性验证阶段。

有专家指出：汽车与具身智能同源共生、双向赋能；低空经济同样以汽车的三电、智能感知与规模化制造为底座，飞行汽车约70%~80%的零部件供应链与汽车产业存在复用空间。但同源不等于等价，复用不等于平移。 低空经济恰恰把这句话推到了最严苛的验证场上：车规允许批次波动，航空要求全寿命可追溯；汽车工厂的节拍可以容忍停机返修，适航审定不接受任何一次“系统降级”。真正的跨越发生在体系重构，而非零部件搬运。

即将在12月盛大揭幕的2026年上海国际汽车零配件、维修检测诊断设备及服务用品展览会（Automechanika Shanghai）紧密关注行业趋势走向，持续发挥其平台优势，围绕“汽车+”的跨领域延展理念，聚焦众多优质企业前沿技术的交互融合，从而打造贯通供应链的对接服务体系。根据展会主办方的持续调研统计，

越来越多参展企业的产品及技术已逐步延伸至具身智能与低空经济等领域。

围绕2026 Automechanika Shanghai“汽车+”主题，《汽车与配件》采访了毅合捷副总裁/CTO黄建军、卓跃翼航总经理陈春轩、御风未来M1C载人eVTOL产品总师袁建新与副总裁岳婷婷、伽利略品牌部、轻舟智航CTO李栋。五家企业分别站在传统零部件延伸、低空运力、载人eVTOL、具身智能与通用物理AI的不同位置，指向同一结论：汽车产业正成为聚合智能的技术底座、供应链底座；跨界成败，取决于能否完成从“能用”到“适航级/车规级/可商业化”的体系跃迁。

技术同源，但体系不等价：从“复用”走向“重构”

很多人以为把汽车的感知、决策、控制算法直接移植到机器人或飞行器上就能跑通，但现实并非如此。同源技术提供的只是入场券，工程化与商业闭环才是真正的护城河。

轻舟智航李栋给出了清晰的迁移路径：感知与决策层的世界模型、强化学习策略等确实可以复用，但复用的是方法论和工具链，不是模型本身。机器人的多模态融合、离散高维动作空间必须重新训练。轻舟把向通用物理AI跃迁拆成技术底座统一、组织平台化、商业持续收入三道坎。

御风未来袁建新的表述为：航空级安全引入eVTOL，是航空“安全冗余设计与研制保证”和汽车“三电成熟度与智能感知”的深度互补。互补之前是底层研制逻辑的重构——电机电控多通道分布式架构满足SAE 4761要求，车规代码/硬件按DO-178C/DO-254全过程开发，设备/系统开发按照SAE ARP 4754开发，这是把汽车产品开发彻底升维到航空级安全标准。

卓跃翼航陈春轩同样从“体系差异”切入：车规允许批次波动，航空要求每件可溯源、零缺陷、全寿命档案，最大缺口不在性能，而在航空级的一致性与可追溯。因此主机厂不能笼统要求供应商“做到航规级”，而要把振动、温度、寿命、冗余拆成可落地的指标，并在早期联合开发、共享试验数据——这决定了供应商能否进入航空供应链，而非仅仅做出样品。

由此看：跨界企业如果不能从“零件搬运工”蜕变为“体系重构者”，就无法跨越适航与安全的门槛。

供应链“一对多”：从Tier分层到“适航级敏捷网络”

跨界融合最现实的降本路径，是供应链的“一对多”复用。但供应链复用不等于照搬汽车体系，新型生态正在形成“航空安全标准做筛选、汽车产业能力做底座”的新型分工；谁能提供跨界底座，谁就能在重构中占据高位。



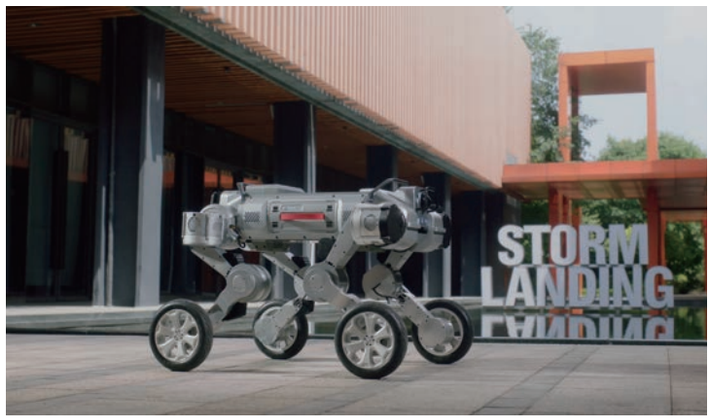
毅合捷汽车增压器业务已形成覆盖主机配套与售后市场的规模化制造体系

毅合捷的实践是“汽车+”供应链复用最典型的样本：其汽车增压器业务已形成覆盖主机配套与售后市场的规模化制造体系，主机配套聚焦混动与增程，客户涵盖头部自主品牌与合资车企，具备从高速电机、空气动力和转子动力、电控算法到多物理场仿真的完整工程能力。

“汽车+”在毅合捷身上的逻辑不是“转行”，而是“把汽车的能力外溢”。其增压器技术向低空动力、数据中心冷却延伸，氢燃料电池空压机在重卡领先，机器人微型冷却泵已进入送样验证。毅合捷的策略不是赌单一路线，而是“所有动力方向都配”，等市场验证后再承接规模化需求。这不是简单的产品延伸，而是把汽车增压器的底层能力变成可复用的“技术母版”。



御风未来M1 eVTOL“空中出租车”



伽利略：Galileo X全新陆行具身系统

传统零部件企业的机会在底层技术复用，汽车是母体，新赛道是延伸，而非另起炉灶。这种“底层技术复用、应用场景延伸”的逻辑，也正是传统汽车零部件企业切入新兴赛道的现实路径。

御风未来提出eVTOL将催生“适航级敏捷网络”：飞控计算机等保留航空传统供应链，动力、感知引入汽车模块化平台，以安全为基础，最大化地将航空安全和汽车产业链效率有机结合。

卓跃翼航的判断与此一致，但更强调分层节奏：飞控、推进、能量等核心件选择自研或深度联合开发，因为今天的供应商成熟度还撑不起航空安全门槛；待产品量产、标准固化后，航电、电机、复材、内饰等环节逐步专业化外溢，形成Tier 1/Tier 2——但整机厂会长期握住气动、系统集成、飞控安全与适航这几个制高点，不会像汽车那样把核心三电全部外放。

伽利略则在“全栈自研”与“借汽车供应链降本”间保持平衡，结构件与算力平台大胆外采。

一言以蔽之，供应链的重构本质上是一场权力的交接——汽车产业把规模制造交了出去，却把技术母版的基因留了下来。汽车供应链的规模能力，必须经过航空安全标准筛选才能进入。

场景牵引：汽车工厂与低空物流成为“第一性”验证场

跨界技术能否成立，最终要靠场景验证。 汽车工厂提供的是高一致性、高节拍的“练兵场”，低空物流提供的是可闭环、可计价的“第一性”场景；谁先找到能算得过账的场景，谁就先获得迭代数据。

伽利略的切入点是“全域移动通用底座”：2013年起步于工业自动化软件，2018年自研机器狗，如今形成7款足式机器人矩阵和Galileo X平台，以“一机替代多设备”切入汽车工厂全链路物流与巡检。汽车工厂的严苛品控倒逼运动精度、响应效率、可靠性全面升级。汽车工厂的严苛节拍是具身智能最好的压力测试，但“一机替代多设备”的价值必须用TCO和ROI量化。

伽利略的核心壁垒是场景数据、全栈技术、工程化验证和方案交付四层：多年工业场景复杂工况数据，全链条100%自主可控与300余项专利，防爆高防护工业级验证，从硬件到场景的标准化交付。短期目标是头部车企场景验证与小批量部署，后期覆盖主流车企。客户关注的不是单一设备参数，而是节拍、TCO、ROI与柔性换线能力的综合账。

轻舟智航把无人物流车作为L4落地载体，定位“替代传统运力”；2026年9月启用的无锡数智中心，打通数据采集、标注、挖掘到商业落地，为本地整车、机器人企业提供就近数据服务。数据闭环方法论可复用，但场景数据必须重新采集，这是物理AI的硬约束。轻舟强调数据规模与多样性同等重要：脱离多样性追求规模，模型像新手；多样性足但量不够，模型欠拟合，无法涌现智能。

御风未来路线克制：“先载货后载人、先隔离后融合、先远郊后城区”，先以应急消防、特种物流验证运营，再推进载人商业化。E40H交付广东应急后一年半参加数十次真实救援，在取得TC（型号合格证）满足适航要求的基础上，飞机在真实运用场景



卓越翼航产品传驰RS300E



轻舟QCRAFT

中逐步迭代至卓越性能。

卓跃翼航则把低空运输当作“运力工具”而非“飞行奢侈品”来做，以“空中重卡”切入低空物流：1.9元/吨公里正是按采购、能耗、维保、折旧的全生命周期成本算出来的，一旦吨公里成本逼近地面重卡，低空运输就从特种作业变成日常运力。这类似新能源车替代燃油车的过程——初期靠政策与场景拉动，成熟后靠成本曲线自身下探。

总结而言，场景不仅是技术的试金石，更是商业逻辑的孵化器。只有在真实场景中跑通，技术才能转化为生产力。

商业闭环：从“能飞/能跑”到“算得过账”

跨界融合最容易高估的是技术，最容易低估的是商业闭环。商业闭环不是“讲一个更大的故事”，而是把技术、场景、成本、规模放进同一张损益表；没有持续收入模型，再炫酷的技术也无法走向量产。

御风未来提出“低空经济生态飞轮”：政府真实采购创造初始流量，驱动运营数据积累与金融进场。其商业模式明确整机厂造飞机、平台方做运营，目标座位价格100~300元。御风未来副总裁岳婷婷强调，可持续模式必须同时满足技术成熟、安全可控、需求真实、成本可控，“空中出租车”普惠化是四重约束下的系统性工程。

卓跃翼航的成本逻辑同样是“先算账、后造机”：氢燃料混动能量密度可达纯电的3.5倍，补上重载、长航时、高原场景纯电够不到的区间；城市内短途小载重纯电有优势，跨城、重载、应急等中远程场景氢混与混动增程长期并存——不是谁取代谁，而是按任务分工。一旦吨公里成本逼近地面重卡就是拐点，这不是技术指标，而是经济指标。

毅合捷的“汽车+”商业闭环则体现为研发配比与节奏控制：整体研发重点投向新能源混动增压、氢燃料电池、低空动力和数据中心等，汽车业务是现金流与工程能力的压舱石，新赛道是增量期权；用汽车的钱和体系养新赛道，而非用新赛道的想象反哺汽车。黄建军坦言，最大挑战是客户同步研发中的市场不确定性，“好项目太多，哪个能跑出来还不清楚”。

归根结底，商业闭环是所有跨界者的终极大考。能把账算平的企业，才有资格谈未来。

标准与生态：谁定义“航规级”，谁掌握下一轮话语权

跨界融合的最后一道门槛，是标准与生态。标准不是门槛，而是产业权力的分配；短板不在单点技术，而在跨行业协同机制；聚合智能不是赛道叠加，而是制度与生态的重构。

御风未来强调eVTOL供应链需要“联合定义、协同开发”，主机厂与车规级制造企业共同制定“航空化”标准。

卓跃翼航把“帮供应商建立AS9100质量体系与件号追溯”视为整机厂责任：车规的IATF16949讲批量一致性，航空的AS9100讲全过程可追溯与关键特性管理，早期要花时间把汽车件按航空要求建档、做FMEA与关键特性管控；关键件自研自控，通用件带

供应商共同过体系。谁定义航规级，谁掌握话语权。

伽利略核心关节、算法自研，结构件、算力平台外采，但数据合规不是法务问题，而是场景准入问题。轻舟智航则强调无锡数智中心的意义在于把数据闭环方法论变成可复用的基础设施。

毅合捷的生态逻辑更接近“以汽车为原点向外画圆”：以增压器为支点，把高速电机、精密叶轮与电控算法能力，复用到低空动力与机器人冷却等场景，同时保持每月复盘、快速取舍的灵活度。“汽车+”对传统零部件企业不是转行，而是把汽车积累的工程能力变成可迁移的资产；母体越强，外溢越有底气。

总结来看，从产品到标准，从数据到生态，跨界的终极竞争是规则制定权之争。谁能率先建立兼容汽车与航空的通用标准，谁就能掌握下一轮产业话语权。

“汽车+”的终局，不是每家企业都去造飞行汽车或机器人，而是形成“技术一对多、供应链一对多、场景一对多”的聚合智能生态。汽车产业提供工程化、车规级安全、规模化制造和成本控制；低空经济、具身智能提供新场景、新需求。两者之间隔着体系重构、供应链协同、场景验证、商业闭环和标准生态五道坎。

五家企业的样本说明，真正的跨界者已在做三件事：把底层技术复用做到极致，把体系重构做到可验证，把商业闭环算到每一公里、每一吨、每一座工厂。毅合捷的路径尤其说明：传统汽车零部件企业的“汽车+”，不是从零开始创造新东西，而是把汽车这个母体里长出来的能力，用新的场景重新定价。这才是“汽车+”从主题词变成产业现实的方式。

五家企业的实践不是孤立的个案，而是“汽车+”从战略判断走向产业现实的缩影。2026 Automechanika Shanghai以“汽车+”为核心主题之一，正是要把这种分散的跨界实践聚合成可感知的产业信号。

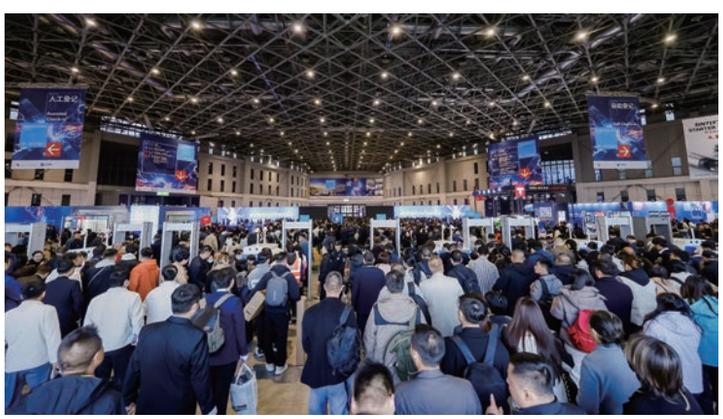
2026 Automechanika Shanghai：“汽车+”从概念走向展台

本届Automechanika Shanghai将启用16个展馆及夹层展示空间，整体规模达390 000 m^2，聚集7600家参展企业，集中呈现新能源及智能网联汽车的快速增长态势及全产业链的技术升级与迭代。位于2.1号馆的毅合捷，位于5.1号馆的伽利略、轻舟智航、御风未来、卓跃翼航等代表企业都将齐聚今年展会现场带来前沿产品与技术展示。

每年展会现场最具热度的“技术•创新•趋势”概念展区作为一站式的产业交流与创新展示空间，将从多角度深入探讨汽车、低空经济与具身智能三大产业在关键技术交叉复用、供应链资源整合、场景落地协同等方面的融合发展路径。而2026年首度亮相的“空地智联”展区则将打造“空地协同、智联未来”的沉浸式展示空间，呈现从车规级芯片、电子硬件与控制器、软件算法、系统集成与智能底盘，到整机装备与无人系统、测试验证与检测认证的全流程产业体系，面向全球呈现中国空地一体化智能出行的前沿实力。

本届展会期间，还将打造两场应用融合交流沙龙，聚焦具身智能与低空经济整机企业的真实需求与量产落地协同路径，助力汽车零部件企业与整机企业信息互通与深度对接，推动汽车产业长期积淀的精密制造体系、车规级品控与规模化交付能力向新赛道迁移。

从技术同源到体系重构，从供应链协同到场景落地，“汽车+”正在把分散的跨界实践聚合为可感知、可对接的产业信号。2026年12月2—5日，国家会展中心（上海），期待共话跨界融合新路径。A



> 五家企业的实践不是孤立的个案，而是“汽车+”从战略判断走向产业现实的缩影。2026 Automechanika Shanghai以“汽车+”为核心主题之一，正是要把这种分散的跨界实践聚合成可感知的产业信号。

麦格纳的技术积淀有多深？

文/高驰

中国汽车产业正在经历非常快的变化。对于麦格纳来说，其希望做的不仅是跟上这种变化，更希望把全球经验、本土创新、系统集成和制造能力结合起来，与客户一起，把好的技术更快、更可靠地带到市场。

近日，麦格纳举办了2026创新技术体验日活动，邀请了一大批专业媒体现场体验公司的最新技术成果。

虽然之前对这家全球排名前几的零部件供应商已经非常熟悉了，但麦格纳此次秀出的技术护城河，仍比预想中更宽更深。

体验日分为两部分，首先在麦格纳的太仓工厂，主要围绕DMS、ADAS、智能进入等进行动静态的实车体验。

在上赛场内的保时捷体验中心，麦格纳则集中展示了旗下的动力总成产品矩阵，覆盖市场上所有的主流动力形式。

“中国汽车产业正在经历非常快的变化。对于麦格纳来说，我们希望做的不仅是跟上这种变化，更希望把全球经验、本土创新、系统集成和制造能力结合起来，与客户一起，把好的技术更快、更可靠地带到市场。”麦格纳中国区总裁李亚旭概括了公司的核心理念。

感知+算法+灵活度，智能化再升级

如今，汽车智能化发展已经过了堆料堆应用场景的阶段，而且国家法规对安全也日益重视，供应商也在思考如何协助主机厂推出真正能够带来便利，并且符合安全标准的功能。

前不久，工信部在《关于进一步加强汽车产品创新设计和研发测试验证有关管理工作的通知（征求意见稿）》中，明确要求电吸门必须具备防夹功能。

作为一家在汽车门锁领域拥有完整解决方案的供应商，麦格纳车门吸合防夹系统在市场上也处于领先地位。

不同于我们前几年在一些量产车上看到的堆叠传感器的方案，麦格纳的这套防夹系统更强调通过算法的优化，来精准识别门锁状态。

系统会在关门过程中快速识别是否有障碍物，并且进行及时的中断自吸并解锁，在不同的温度条件下都能精准判断。



麦格纳中国区总裁 李亚旭

而且正是由于立足于算法，无需添加过多额外的硬件，布置空间相当灵活，主机厂也不用担心安装防夹系统会影响整车造型。

麦格纳的工程师透露，从2022年起公司就开启了吸合防夹系统的研发工作，2026年正式开始向客户推广。除了最常见的侧门场景外，前盖和尾门上同样适用这套系统。

在辅助驾驶层面，国标也在趋向规范，我国首部针对L3/L4级自动驾驶的强制性国家标准《智能网联汽车 自动驾驶系统安全要求》（GB 44721—2026）已于2026年7月30日正式获批，其中特别提到对感知系统的前向、侧向探测距离作出了量化底线。

在ADAS领域，麦格纳也是全球头部的供应商，尤其是感知传感器的出货量排名前列。这里重点介绍此次着重展示的两款产品。

麦格纳率先在中国市场开发了第三代雷达-卫星雷达，可以直接把相应的ADC模拟原始信号直接输入到中央计算单元。卫星雷达支持16发16收/8发8收两种规格，其中16发16收的高配版本已经可以视为4D高分辨率的毫米波雷达，但由于把计算资源全部放到中央域控，因此架构更简化，成本更低。

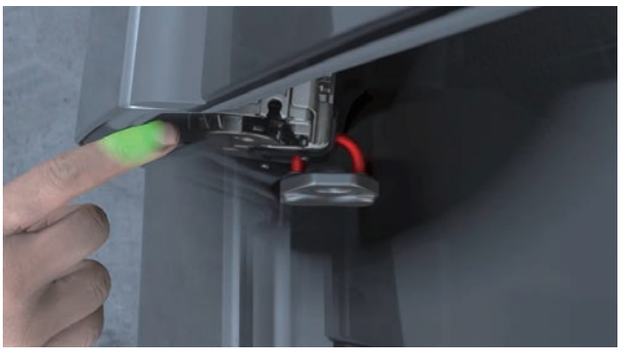
第六代前视单目摄像头一体机是麦格纳在视觉感知上的最新一代产品，同样是中国团队主导研发，而且是基于国产M57芯片打造的单芯片平台。规格方面，支持1V（单摄像头）到2V5R(双摄像头+5雷达)的灵活组合，主机厂也可以根据需要选择200万像素或800万像素的配置。在感知性能上，麦格纳还融合了CNN + BEV （卷积神经网络 + 鸟瞰视角感知），对感知能力是一次全面的升级。

此外，此次体验活动的主办地太仓工厂的核心产品之一就是麦格纳的电子后视镜产品。麦格纳有一项独特的优势就是能将DMS/OMS功能融合到电子后视镜中。

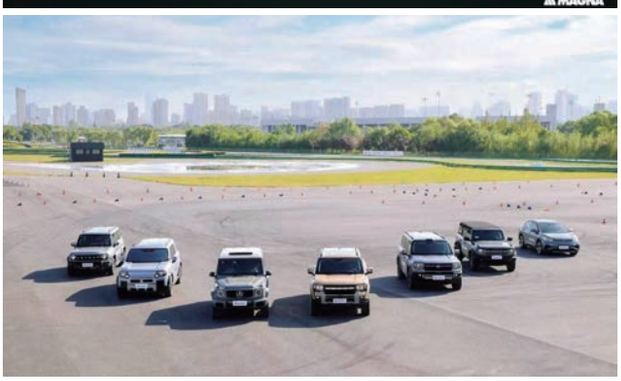
上文提到的法规也将驾驶员监控系统列入2027年1月1日起实施的强制性标准。对于主机厂来说，驾乘监测已经成为各大安全评分体系非常重要的项目。

麦格纳的这套DMS，最大的特色是非常灵活，以往不管是把DMS硬件安装在A柱还是仪表台上方，总归会对内饰设计产生影响，安装在电子后视镜则没有这种顾虑。

另一个特色是集成度非常高，麦格纳采用了一颗500万的摄像头，同时满足驾驶员监测和乘员监测功能，后视镜中有一块自动防眩光EC镜片，还集成了红外远光灯、芯片、热管理系统。







燃油+混动+纯电，面向多元动力总成

如果说电子方面的产品，主要体现了麦格纳的创新活力，那么此次体验日在动力总成方面的全面演示，则展现了其深厚的技术积淀和强大的工程能力。

麦格纳动力总成有一个愿景：一个伙伴，无限可能。我们可以分为两部分理解这一理念。

首先，麦格纳作为一家供应商就可以覆盖燃油车、HEV、PHEV、增程、纯电的动力架构，涵盖从乘用车到商用车的各种车型，可以满足主机厂一台车型配置不同动力形式的需求。

其次，如果主机厂客户找到麦格纳，只需提供方案、工况要求、车型等信息，麦格纳就能为客户专门开发所需要的系统。如果客户自己有系统解决方案，麦格纳也可以为客户提供零部件，包括齿轮轴、电机、逆变器等。

在体验活动现场，麦格纳安排了七台可供试乘试驾的展车，包括了纯电电驱、混动变速器、传统DCT等产品。

最引人瞩目的是一台奔驰纯电大G，这台车强悍的越野能力和G-TURN坦克掉头功能，来源于麦格纳eDS Duo双电机电驱的支持。

Duo意味着这套电驱配备了两个电机和两档变速器，功率最高能够达到240 kW，而且车轮可以独立驱动，四个车轮各由一台轮边电机驱动，通过左右两侧车轮反向旋转实现原地转向。

在日常转弯的过程中，电驱系统也能通过锁止内侧后轮、精准控制四个车轮的驱动力，大幅减小转弯半径，这就是电动大G的G-STEERING智能转向功能。

当然，全地形的越野能力才是电动大G的杀手锏，同样得益于麦格纳eDS Duo提供的超高效率和先进的碳化硅及断开技术，电动大G还拥有一个功能off-road crawl，智能越野爬行模式，在越野场景下也能实现舒适的定速巡航。

在混动方面，麦格纳打造了DHD Duo，采用紧凑、高度集成的双电机专用混动架构。

具体来看，双电机支持多种混动驱动模式，多挡位则让发动机和电机有更多机会运行在高效区间。对于越野和高性能应用，还可以与2挡高功率电驱系统组成智能电四驱方案，并匹配800V高压平台，在低速扭矩、高速效率和整车性能之间取得更好的平衡。

800 V两挡电驱动系统是麦格纳专为中国市场开发的产品，最大功率可达250 kW，主要的特点是“低挡猛、高挡省”。

低挡猛是通过低挡位放大轮端扭矩，更好地支持陡坡攀爬、低速脱困和持续大负荷工况。

高挡省是在中高速行驶时降低电机转速和相关损耗，兼顾能耗、噪声与高速性能。

值得一提的是，麦格纳此次还展示了面向2030年的动力总成技术展望。麦格纳透露，目前公司正在研究的是高速电机，有PSM、ASM两种，也会涵盖低稀土和无稀土的方案。未来的油冷方案更接近于铜线的位置，冷却效果更好。

功率电子方面，麦格纳正在研究比三电平更多电平的架构，以及更先进的驱动技术。

软件方面，麦格纳在深入探讨AI如何赋能NVH的改善、故障安全运行、优化脉冲控制策略等。

> “在所有的全球零部件供应商中，麦格纳有一项独特的竞争力，那就是它能够实现“有零有整”。

平台化+模块化+跨系统集成，加快开发速度

在所有的全球零部件供应商中，麦格纳有一项独特的竞争力，那就是它能够实现“有零有整”。

“零”代表麦格纳在各个关键产品领域的专业积累，从车身与底盘、外饰、动力总成，到电子、机电智能、镜像和座椅等，麦格纳的足迹几乎遍布整车的每一个角落。

“整”则代表麦格纳的整车工程能力，比如麦格纳为奔驰代工大G的历史已经有四十多年。这种整车制造视野使得麦格纳不仅关注产品本身，更能从整车和系统的角度，理解如何与其它产品协同、发挥作用。

围绕中国市场开发节奏加快以及主机厂降本需求不断提高两方面的挑战，麦格纳将继续通过平台化、模块化，以及跨系统集成三大方向着手。

平台化，指的是让一个好的基础设计能够覆盖更多车型和应用；

模块化，指的是通过成熟模块的组合与复用，减少重复开发；

跨系统集成，则从整车功能出发，把细分领域的技术更有效地连接起来。

麦格纳还分享了一组数字：2010年，中国本土汽车企业在麦格纳中国销售中的占比还不到20%；而到了2025年，本土车企比例已经达到约60%，2026年这一比例还会增长。

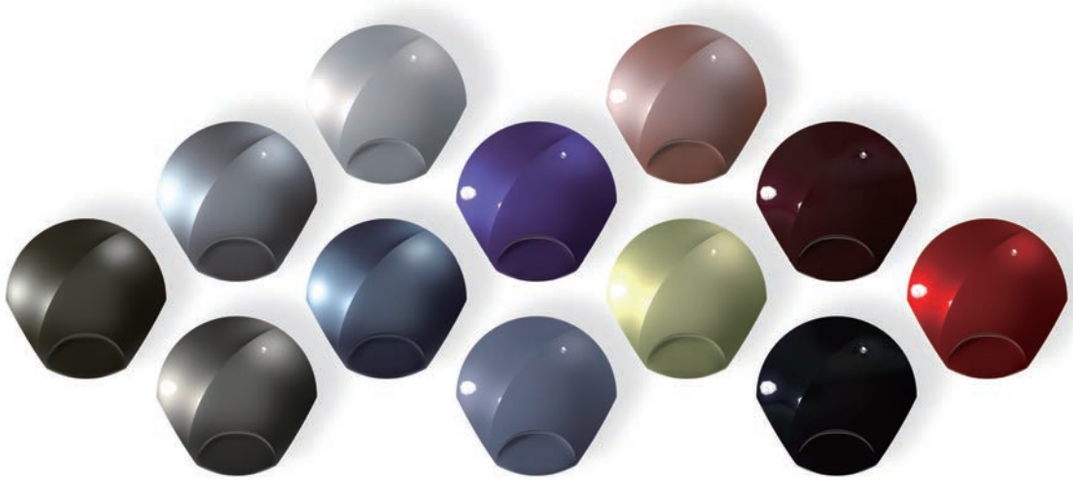
以本土品牌为主导的中国汽车市场，零部件的同质化竞争已经非常激烈。麦格纳通过这次体验活动，展示了其独特的价值，在持续带来技术创新的同时，始终保持质量、成本、速度和规模化交付方面的优势。A



为何中国市场关键色是“青影黑”？解读斯维图最新汽车色彩趋势报告

文/高驰

每年10月，全球涂料巨头斯维图（原巴斯夫涂料业务）都会发布汽车色彩趋势报告，预测未来一年全球各大市场消费者对汽车色彩的喜好度。2026年，以独立运营的姿态全新出发的斯维图，已经连续第16年发布这一权威的报告。



2026—2027年趋势色主题是“存在|新境（NEXISTENTIAL）”。

如何理解这一主题？首先以人的角度来说，人们不再等待稳定重现，而是学会在变化中寻找前行方向。在瞬息万变的世界，人们渴望并追寻方向感。

汽车品牌如何把这些新的情感、需求，转化为属于真正未来的一个色彩？这就是“存在|新境”探讨的方向。

与往年的趋势色相比，2026年的57个关键色，舒适的属性占比有所提升，体现了汽车消费者对色彩喜好的变化。

从各大市场关键色洞察消费者需求

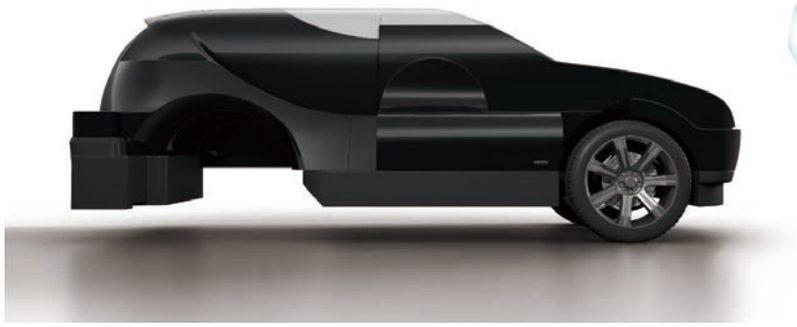
斯维图在欧洲、北美、日本、中国均设立有研发中心，每年的色彩趋势报告也会围绕这些区域的动态来推出富有地区特色的关键色。

2026年中国市场的关键色是“青影黑”，相较于2025年的“夜曲蓝”进一步创新，突出了高品质感。3D立体效果非常显著。打上光影后可以看到有趣的绿色闪烁。不仅于此，在特定角度下会看到蓝色的闪烁，有点像极光在暗影里涌动，这就是“青影黑”的命名由来，富含“起舞弄清影”的东方美学。

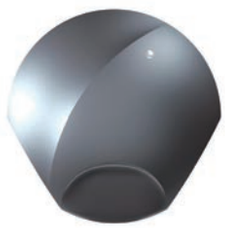
再来看亚太市场，2026年的关键色是“流光银”，基色是银色，但随光影变化，暗部呈现偏暖的棕色效果，亮部则是偏冷的效果。这种银色的灵感来源于地平线，地平线每时每刻都随光线变化产生不同的光影效果，展示了一种稳定与流动的平衡。

美洲市场的关键色“幻彩银”是一种介于白珠光和银色之间的中间色，运用先进的云母技术和金属铝粉，呈现阳光下幻彩的效果，同时表现珠光白的细腻和银色的闪烁。

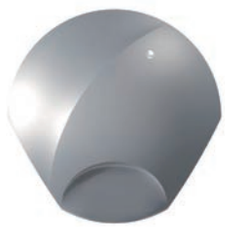
EMEA市场（欧洲、中东及非洲）的关键色是“炽动红”，这种红色整体是深邃的勃艮第红，但能清晰地看到激情澎湃的流动



青影黑



流光银



幻彩银



炽动红

效果颜料。值得一提的是，“炽动红”重新利用了斯维图的废弃材料，体现了环保的理念。

不止于色彩

其实，斯维图将色彩趋势分为两部分，一种是快速量产的颜色，关注的功能性是主机厂想快速开发、实现现场工艺的满足性，可以理解为偏理性。

而另一种颜色则更具创新性，可能应用了一些前沿的材料，是对未来趋势的一种探讨，更具情绪化，可以理解为偏感性。

一个好的汽车色彩，一定不止停留于创意。斯维图认为，汽车色彩必须存在三方面的价值。

首先是视觉层面，主机厂要建立自己独特可识别的品牌形象，让消费者看到车辆第一眼能形成品牌记忆。

在配方层面，斯维图始终探索如何把设计师的创意转化为稳定、高品质的涂料生产配方，确保复杂的色彩效果能在实际生产环境中重复实现，并满足客户性能需求。

最后，量产是最关键的一环，涂料配方需要在不同工厂、不同车型、甚至不同技术条件下满足同样的色彩效果，这是斯维图这样的领先涂料供应商的核心know how。

除了色彩表达之外，斯维图也在思考如何通过涂料来提升车辆的性能。比如通过色彩的设计和材料的选择，帮助雷达、激光雷达传递信号波。

另一方面，可持续也是斯维图关注的焦点。2026年是斯维图连续第三年尝试使用来自于海藻的生物质再利用。前两年是试用在黑色上，因为黑色会偏棕偏绿，跟海藻本身的颜色相近。而2026年斯维图更进一步，拓展了原材料使用的色域。当然，原材料供应商对于汽车漆现场是否适应、可行性、施工性等，斯维图还要对此做详尽测试。

从概念走向量产

汽车涂料是一个技术复杂的领域，在薄薄的厚度体系中，不同涂层承担不同作用：

预处理和电泳提供最底下的防腐和附着力；中涂带来更好的外观表现和抗石击作用；色漆带来整个颜色效果和金属感；清漆带来最外层的保护、耐候，以及光泽调整，有高光的、有低光的。

基于此，一个颜色不能只在一个数字屏幕上能成立，必须在金属表面、塑料表面、涂层、光线和量产环境中真正成立。

在相对来说感性的色彩趋势背后，蕴含着斯维图高度理性的材料知识和工程能力，这些经验正在助力一个一个色彩从概念走向量产。

在2026年色彩趋势报告的媒体分享中，可以明显感受到斯维图对于数字化工具的应用更深度、更成熟了。

为了加快汽车色彩从设计到量产的进程，斯维图全方位地应用AUROOM数字化工具。不同于以往需要设计一块色彩板，斯维图现在通过AUROOM来实现任何一个颜色效果，大大减少了互相沟通的成本，并且加快了沟通速度。

目前，斯维图每年都会推出1400多个颜色配方，而在量产的市场中，全球全球每两辆汽车当中就有一辆采用至少一层斯维图的涂料解决方案，所以斯维图不仅研究趋势，也把趋势的颜色和方向转化为产品、配方和量产的完整链条。A

AI走向真实世界，为何离不开位置推理

文/何晶（HERE Technologies）

HERE Technologies高级销售解决方案架构师何晶表示，无论车辆处于人工驾驶、辅助驾驶还是自动驾驶状态，底层对位置技术的根本需求并未改变：在真实世界中准确、可验证地定位、规划与执行。

设想你向AI助手提出这样一个请求：“帮我在回家路上找一家药店，我到的时候还在营业，附近可以停车。”

这听上去并不复杂，但要给出可靠的答案，系统需要解决一系列相互关联的问题：定位用户所在位置，筛选相关药店；基于实时路况，在真实路网中计算路径；判断能否在闭店前到达；并将停车和可达性纳入考虑范围。

随着生成式AI和智能体应用从“回答问题”走向“与物理世界互动”，这一挑战也愈发突出。对于中国企业而言，将这类应用推向海外，意味着必须应对陌生的道路环境、当地通行限制与动态条件，而这不是简单翻译界面能解决的问题。

大语言模型（LLM）能够理解用户意图并生成自然语言回复。但仅凭LLM，不足以可靠地在实时路网中计算可行路径、核验车辆通行限制，或判断在当前条件下能否抵达目的地。

所以核心挑战不在于AI能否描述地点，而是它能否以足够的精度对不断变化的现实路网进行推理，并支撑行动。

在中国，全球化征程让位置技术愈发重要

导航本质上是一个计算问题：需要在真实路网图上计算可行路径，并权衡交通状况、交通事件、转向限制、通行规则和车辆类型等约束条件。语言模型则不同，它依据数据与语言中的模式生成回复。

这种差别对进入海外市场的中国企业来说尤为关键。对汽车制造商、移动出行科技公司和智能设备厂商而言，全球化不仅关乎语言、用户界面或品牌本地化，还意味着适应不同市场之间可能存在显著差异的道路环境。道路规则、通行限制、停车条件、充电基础设施的成熟度与交通信息可得性，都可能决定一项导航请求、充电决策、服务任务或车载AI交互能否真正落地执行。

可靠的全球道路数据与位置服务，能够帮助中国车企将产品适配海外市场。产品定义、软件体验和迭代速度或许是这些企业的优势，但无法替代对当地道路条件的理解。在欧洲、东南亚、美洲等市场，这种理解不仅支撑地图呈现，更是智能座舱、辅助驾驶、合规、本地化服务与整体用户体验的底座。

中国市场打磨出的智能化功能、软件能力与快速迭代能力，必须适配当地法规、道路环境、用户习惯与基础设施条件，才能在海外转化为切实的产品体验。这也要求我们将位置数据的作用与驾驶技术架构的选择区分开来：所谓“无图”或“轻地图”方案，并不一定意味着消除对路网、交通规则，以及传感器感知范围或即时视野之外约束信息的需求。

这些影响已超出传统导航和车载服务的范畴。乘用车、两轮车和商用车对应不同的路径约束。网约车、外卖、电商和数字化供应链，则进一步提出了服务水平要求；位置决策一旦失准，运营成本随之上涨。

对这些应用而言，“知道在哪里”只是问题的起点。

更关键的是：此刻最优路径是什么？实际需要多久？这条路线是否适合该车型？哪些情况可能影响行程？

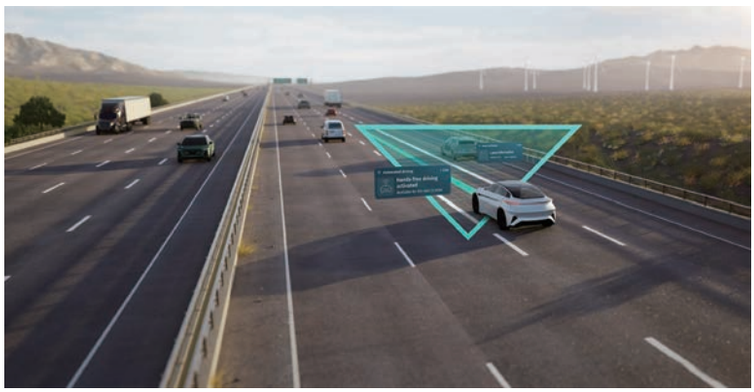
从查找地点到推演行程

随着汽车加速网联化、电动化，这一点变得更加重要。

以一家服务海外用户的中国电动汽车品牌为例。用户可能需要跨城、跨国出行，或驶入完全不熟悉的陌生市场。此时，问题不再是简单的A点到B点。系统可能需要综合考虑车辆剩余续驶里程、交通状况与沿途充电方案，才能判断是否需要停靠补能、在何处补能。

同样的逻辑也适用于私家乘用车之外的场景。在交通拥堵的城市中，网约车或配送司机需要系统识别准确的上车点或配送点，纳入通行与临时停车限制，根据实际情况变化动态更新预计到达时间（ETA），并尽量减少本可避免、却会影响司机工作效率和客户体验的延误。

海外还有一些在中国可能不太常见、却会直接影响智能驾驶



与车载AI体验的道路场景。欧洲环岛、高速公路规则、跨境驾驶场景，以及各国对掉头、限速、车道使用与自动驾驶功能可用性的具体要求，都要求在车辆进入当地市场前，基于真实道路数据完成系统训练、测试和适配。对中国企业而言，这些不是语言翻译问题，而是真实世界理解问题。

生成式AI可以让这些交互更加直观。用户无需分别搜索目的地、停车信息、路况或其它兴趣点，而可以通过对话表达复杂需求。系统随后拆解请求，调用合适的位置服务，并返回符合真实世界条件的答案。

真正的挑战，是把请求转化为可在物理世界中执行的方案。这正是AI与位置智能相结合的价值所在。

为AI提供面向物理世界的执行层

为LLM补充地理信息，能提升其地点识别与空间概念理解能力，却不会改变模型的基本运行逻辑：LLM本质上仍是通过语言生成概率性回复的系统。

AI要可靠地把意图转化为现实行动，需要更清晰的分工。

LLM理解用户目标，空间执行层借助位置服务评估可行性，并计算实现目标所需的步骤。这些服务负责解析地点、计算路线、处理交通信息，将道路属性与通行限制纳入计算，评估备选方案，并返回结构化结果。语言模型随后以自然语言解释结果，而非试图自行生成空间逻辑。

在HERE，我们把这一方法称为HERE Location Reasoning。它旨在解析与位置相关的意图，将其转化为结构化工作流，选择合适的HERE地图数据和位置服务，并整合交通状况、道路属性与路网状况等动态输入。目标是生成具有确定性的空间计算结果，供AI模型与智能体系统在真实世界环境中运行时使用。

换言之，HERE Location Reasoning并非让AI表达得更流畅，而是让AI在涉及位置问题时更准确、更可验证、更可执行。AI或许会产生幻觉，但地理信息容不得这样的偏差。对车载LLM、语音助手与AI智能体而言，Location Reasoning可以充当面向真实世界的位置接口，提供新鲜、可靠、经过验证且可供不同模型调用的位置服务，而不是试图把每一项动态信息都训练进模型本身。

这里的区别，是“查询地理信息”与“执行位置操作”。外部信息源可以验证或补充答案，而专门构建的空间执行层则能计算路径、应用限制并评估备选方案。Location Reasoning旨在将空间意图与这些操作衔接起来。

AI时代，地图的重要性不减反增

中国汽车行业正持续加速智能驾驶、数字座舱、软件定义汽车乃至AI定义汽车等领域的创新。随着这些能力走向海外，可靠的全球位置数据与服务正成为提升产品体验、实现本地化和加快产品上市的重要基础。

这一基础并不只服务于传统人工驾驶。随着高级驾驶辅助系统（ADAS）与自动驾驶应用从高速辅助驾驶扩展到城市NOA、泊车和更广泛的智能驾驶场景，系统同样需要可靠的位置数据与位置服务来理解道路网络、通行限制、实时路况和可达性。无论车辆处于人工驾驶、辅助驾驶还是自动驾驶状态，底层对位置技术的根本需求并未改变：在真实世界中准确、可验证地定位、规划与执行。

驾驶员越来越期待获得实时路况和交通事件信息，以便作出更明智的决策。电动汽车用户需要更有把握地规划行程。物流与配送企业需要提升第一公里、中间段与最后一公里的效率。无论哪类场景，安全与便利始终是最基本的诉求。

生成式AI有望重塑人们与这些服务交互的方式。用户将越来越能够通过自然语言对话表达需求，由AI判断需要调用哪些服务来满足请求，而无需层层点选菜单、反复搜索或在应用之间来回切换。

交互界面或许会变得更简单，底层处理却将更加复杂精密。

随着AI从提供信息转向帮助个人和企业在物理世界中行动，空间计算的精确性只会更加重要。数字地图与位置智能提供关于移动、可达性、限制条件及动态变化的参照层，这正是AI在真实世界中可靠运行所需的基础。

LLM能够理解我们想达成什么，位置智能则能帮助确定如何达成。A

为构建绿色制造，汽车企业从哪些方向推进系统性转型？

文/华汽研究院

为构建绿色制造与全生命周期低碳竞争力，汽车企业需要从多个方向着手推进系统性转型，包括进阶气候行动、深化能源与水资源管理、进一步探索循环经济，并积极应对新兴的生物多样性保护议题。

目前，汽车企业在环境管理方面已具备较成熟的制度基础，能源、水、废弃物等核心议题均形成了体系化的管理框架，并将气候变化与绿色制造纳入关键战略。然而，从全生命周期的角度审视，企业在落实深度减排方面仍呈现结构性差异，主机厂整体推进力度更强，而供应链企业虽已建立基础体系，但受限于资金、技术与外部能源结构，其在减排能力与绿色设计等方面仍面临较大执行压力，呈现“制度建立较快、能力提升滞后”的特征。

总体来看，产业要真正形成全生命周期的低碳竞争力，需要在确保基础合规的同时，进一步突破能源结构约束，增强供应链的绿色转型能力，并推动设计端、制造端与回收端的系统协同。

气候行动进阶：从范围一、二盘查到范围三管理及碳目标

根据调查结果，大部分中国汽车企业已经建立环境管理体系，并开展温室气体盘查。在环境行动的探索深度上，主机厂在减排技术应用和执行上明显更成熟。此外，汽车企业的供应链可持续管理正逐步形成系统性框架，两类企业均将环境绩效设置为供应商管理、评估和考核的核心要求。

这表明，即便部分企业已具备较强的管理能力，但单个企业的努力可能难以充分释放全产业链的减排潜力，因此，推动产业链协同及政策支持仍是实现系统性可持续的关键途径。基于这种结构性差异，汽车企业需将环境管理从“基础合规”提升到“低碳竞争力”，通过全生命周期减碳与资源效率的战略布局、系统化管理流程以及供应链赋能，将排放盘查覆盖至最具挑战性的范围三，并采纳科学碳目标（SBTi）等国际标准，为下一阶段环境绩效提升奠定坚实基础。



专业的环境管理能力基本具备

规范化的环境管理体系，是汽车企业系统性地识别、控制和减少其运营活动对环境造成影响的核心工具。在全球气候变化和产业链绿色化的双重压力下，建立并获得专业的环境管理体系认证已成为基础要求。

大部分主机厂和供应链企业已经建立了全面的环境管理体系并获得认证，其中，近90%的企业都以ISO 14001认证为主要方式。未来，中国汽车企业的关注点将从“是否建立体系”的合规阶段转向“体系如何产生价值”的绩效阶段。

气候议题备受重视，供应链减排面临挑战

作为能源消耗和碳排放密集型产业，汽车企业在全球排放结构中占据重要地位。随着全球减碳政策日趋严格、投资者对气候信息披露的要求不断提高，行业的气候表现正受到监管与资本市场的广泛关注。



大部分主机厂和供应链企业已建立气候相关政策与战略、开展风险评估，并设定气候目标，显示汽车企业在气候应对上整体成熟。与此同时，45%以上的主机厂和31%以上的供应链企业已完成全范围碳盘查并获得第三方认证，过半的汽车企业已公开承诺气候目标。但仍有约20%的主机厂和26%的供应链企业未覆盖范围三碳排放，显示在具体实践推进上仍存在差异。

这种差异源自两类企业在减排挑战与资源条件上的不同。对于大部分主机厂企业，“供应链上的供应商减排困难”是最突出的挑战，而供应链企业同时面临政策、供应商减排和技术成本三类重要挑战。这种管理难度的差异也反映在低碳技术的应用上，主机厂对前沿低碳技术的采用比例超过83%，明显高于供应链企业的55%。

为了在气候行动上进阶，实现科学的碳目标设定，主机厂亟需对供应链开展技术赋能和建立支持机制，提升供应链协同效率，完善汽车企业的温室气体盘查和气候管理能力。

主机厂主动管理可持续供应链，供应链多因外部压力驱动

供应链是汽车企业价值链的核心组成部分，其可持续性直接影响主机厂的生产稳定性、产品碳足迹及整体运营风险，成为行业实现绿色发展的关键节点。

两类企业的管理动机多元，包括降低环境与社会风险、内部战略推动、品牌声誉建设、应对国内外法规或政策以及满足投资人或股东ESG要求。其中主机厂更侧重“降低环境与社会风险”，这种以长期风险控制为主的动机驱动，使得约有一半主机厂企业已完成涵盖上下游的完整价值链绘制。在其对供应商的要求、评估、激励与绩效管理中，也表现出对环境维度的高度关注：45%以上的主机厂企业已对供应商的可持续表现进行评分或评级，并明确碳排放要求。

相比之下，供应链企业的管理动机以“应对国内外法规”为主，同时关注客户或主机厂要求，并维持品牌声誉建设。这种动机偏向外部响应和品牌考量，导致其在价值链绘制上约有一半企业仅完成部分覆盖。供应链企业更易被审计、问责和量化，其在成本与技术门槛较高的环境议题（如碳排放、能效、循环利用）上的投局限性更为明显，与主机厂在长期环境管理上的战略性投入形成对比。A

工业级物理AI从概念走向现实，ABB机器人正在拓展“智造”边界

文/高驰

逛完2026年的工博会，物理AI绝对是最热门的话题之一。工业级的物理AI正在大规模地从仿真验证走向现实产线，无论是视觉检测、预测性维护，还是数字孪生等场景，在物理AI的加持下，机器人的能力边界正在大幅拓展，工业自动化的想象空间上升到了新的高度。

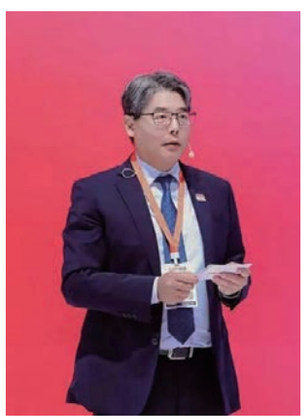
作为全球领先的机器人及自动化解决方案供应商，ABB机器人在2026工博会的展台，将目光聚焦于最前沿的工业级物理AI应用，涵盖先进仿真、AI视觉的全栈软件工具链以及高柔性机器人产品阵容等。

正如ABB机器人全球总裁马思康介绍的那样，公司的愿景是希望通过融合物理AI技术的产品组合，帮助客户大幅缩短部署周期、提升产线柔性，构建更智能、更具韧性的下一代制造体系。

ABB机器人中国区总裁韩晨则强调了中国市场在工业级物理AI落地过程中所扮演的重要角色。现阶段ABB机器人正持续推动世界领先技术在中国市场加速落地，希望为中国智造注入新动能。



ABB机器人全球总裁 马思康



ABB机器人中国区总裁 韩晨

机器人手冲咖啡，呈现端到端物理AI工具链

在ABB机器人展台中，机器人手冲咖啡的演示区域引人瞩目。手冲咖啡的难点在于变量太多，每一个变量都会影响最终的风味，因此很难标准化，而ABB机器人通过一台GoFa协作机器人，让手冲咖啡也拥有了自动化、标准化的可能性。

具体来看，端到端物理AI工具链是整套手冲咖啡演示的核心，基于此，首先，GoFa协作机器人能够通过模仿精准复现其观察到的水壶运行轨迹、闷蒸流程与注水节奏，而且只需一次人工示范即可，这一操作以往需要依赖于咖啡师对时间和水流的精确把控。

机器人如何理解快速地理解全新的工作场景？针对这一问题，ABB机器人利用OmniCore™ EyeMotion视觉系统支持物体识别与定位，并提供场景的语义理解。由此，机器人通过独有的AI技术读取并理解使用手册，然后通过AI自主路径规划学习操作此前从未接触过的咖啡磨豆机。

在最终的执行层面，ABB机器人的智能体AI规划器，能将冲煮流程转化为机器人可执行的动作序列。

ABB机器人认为，工业自动化的下一个时代，将由机器人的学习速度、而非机器人的编程水平来定义。在这次的手冲咖啡场景中，这一理念得到了极致的诠释。从任务定义到部署执行的工作量大幅减少，协作机器人可以更自主地完成多品种、动态变化的任务，突破以往传统模式下受制于编程工作量的瓶颈。

AI应用如何降低门槛、简化操作，提升效率？

对于AI机器人，许多工业客户仍然存在疑惑——是否需要从零开始搭建AI模型？如何快速部署与持续优化？对此，ABB机器人有着全面的思考，凭借一系列的软件底座、工具等，ABB机器人为客户简化操作提供了支持，实现“人人都能完成训练、部署与优化”。

例如AI Robot Trainer，顾名思义，这是一套帮助客户落地应用AI的工具。ABB机器人为OmniCore™ EyeMotion视觉系统升级新增AI Robot Trainer，从而简化AI视觉应用部署与规模化落地。两者搭配使用，用户无需专业知识即可开发高阶AI视觉应用。从使用效率来看，集成化的解决方案能够将调试时间缩短高达90%，节拍时间缩短高达50%。

为了进一步降低机器人的使用门槛，ABB机器人在此次工博会期间还展示了最新的E-Device交互设备。这款紧凑型的产品可以支持客户使用自有平板电脑或个人电脑，即可对搭载OmniCore™的工业机器人与协作机器人进行操作、编程和状态监控。由此带来的优势显而易见，用户的培训成本、工程与调试时间都大幅缩短，从而得以加快产品投产。

此外，在客户正式投产前，ABB机器人提供的RobotStudio® HyperReality就能通过生成精度最高可达99%的高精度合成数据，实现高度还原真实场景的AI模型训练，从而弥合仿真到现实的差距。据ABB机器人透露，通过这一AI模型的支持，客户产品上市周期能够缩短一半，成本最高可降低40%。

重磅高性能机器人，大幅缩短节拍时间

此次工博会，ABB机器人也带来了重磅的工业机器人新产品组合，包含两款全新紧凑型高性能中型机器人IRB 1700与IRB 1700ID，主要面向电子装配、AI服务器制造、焊接及表面处理等高速精密制造场景的需求而打造，这些行业均面临提升产能、保证质量、降低运营成本的多重压力。

在ABB机器人的产品规划中，IRB 1700系列共有五种型号，负载范围覆盖6~12 kg，并且搭载了OmniCore™控制器。

据ABB机器人介绍，与目前市场上的同类产品相比，ABB机器人的IRB 1700系列的节拍时间最高可缩短20%。不仅如此，能耗和换油周期也得到了大幅的优化。占地面积较上一代减少50%，有助于在客户产线中灵活布置。

AI方面，ABB机器人为IRB 1700适配其编程与AI软件组合，包括上文提到的RobotStudio® 、AI Robot Trainer、OmniCore EyeMotion及自动无碰撞路径规划等功能。通过融合机器人融合前沿的AI能力，ABB机器人向实现自主多功能机器人（AVR™）的技术愿景再落下关键一子。

值得一提的是，ABB机器人还在展会现场重点展示了两款专为中国市场定制开发的机器人新产品，分别是IRB 6720 Lite+大型工业机器人以及PoWa高速协作机器人系列新增的7 kg负载型号，精准响应了中国客户在在速度、负载和多功能性方面的需求，进一步加深在中国，为中国”的本地化战略。









泰明顿集团（TMD Friction）推出全面符合欧VII法规的制动解决方案产品组合

文/编辑部

日前，泰明顿集团（TMD Friction）宣布已开发出完整覆盖欧Ⅶ法规要求的原厂（OE）制动解决方案产品组合。目前，公司已与多家主流整车制造商达成合作协议，将于2027年启动新产品的量产与交付。这些产品将供应给面向欧洲市场的整车制造商。

泰明顿本次推出的原厂配套方案覆盖全品类摩擦材料组合，既包括适用在灰铸铁制动盘上的低金属（low-met）和NAO刹车片，也包括适用在硬质金属涂层制动盘上的低金属和NAO刹车片。

“我们很荣幸能凭借全系列制动摩擦解决方案为主流整车制造商提供支持。方案专为满足全新欧VII排放要求打造，且绝不妥协制动性能、舒适性与可靠性。”泰明顿集团原厂销售与工程执行副总裁克里斯蒂安·斯托尔茨（Christian Stolz）表示，“作为摩擦技术领域的材料科学领军者，客户可以信赖我们交付安全、合规的摩擦解决方案。”

何为欧VII排放标准？

欧VII是欧盟首部针对非尾气排放制定的排放法规，管控范围涵盖制动磨损与轮胎磨损产生的颗粒物排放。在原厂配套领域，该法规将于2026年11月29日起对新款车型认证生效，2027年11月29日起对所有新注册车辆全面生效。

欧VII同时适用于原厂配套与售后市场两大领域。其中原厂配套的合规认证将依据UN-R179法规执行，售后市场的相关监管细则仍在制定过程中。

对泰明顿集团这类制动摩擦材料制造商而言，欧VII标准提供了重要机遇：可通过研发更低颗粒物排放的产品，降低制动系统对环境的影响。而开发出既满足排放要求、又不牺牲原有制动性能要求的制动解决方案，也带来了新的技术挑战。例如，降低制动粉尘排放的技术复杂度，远不止于从摩擦配方中剔除某一种成分。在制动片的配方体系中，每一种原材料都需经过精准筛选、相互协同作用，才能实现最优的性能、品质与制动效能；仅剔除单一成分，就可能破坏产品的整体性能稳定性。

另一个核心因素是：制动排放中约80%来自制动盘的磨损，而非制动片。制动片与制动盘的相互作用构成了一个复杂系统，材料特性、表面特性与热行为都会影响颗粒物排放。这意味着，要满足排放要求，制动摩擦解决方案必须越来越多地从“片与盘匹配组合”的整体视角考量，而非单独评估单个产品。未来，制动片与制动盘或将作为不可分割的整体进行合规认证。

“制动摩擦片常被视为一种简单、日常的零部件，但欧VII的出台恰恰展示了它背后非凡的科学与工程内涵。”斯托尔茨表示，“欧VII正在将行业创新推向全新高度，也在改变整个行业对摩擦材料研发的认知。这也提醒我们，即便是最常见的产品，也能在构建更可持续的未来中发挥关键作用。”

为什么泰明顿集团有能力满足欧VII要求？

泰明顿集团凭借145年的制动摩擦材料制造经验，以及迄今已开发出的52 000余种摩擦材料配方，成为全球摩擦科学领域的领导者，且从早期阶段便深度参与欧VII法规的制定进程。自2016年起，公司一直积极参与联合国欧洲经济委员会（UNECE）的颗粒物测量项目（PMP）工作组，为欧VII标准中制动粉尘排放测量的方法学、测试循环和试验台架建设提供支持。作为核心参与方，泰明顿集团直接推动了现行合规标准测试方法的制定。

此外，泰明顿摩擦材料是行业内首批投建自有排放测试台架的制造商之一，可实现对研发与验证流程的全流程自主把控，减



泰明顿集团推出全系符合欧VII排放标准的原厂配套制动解决方案

> 随着泰明顿集团欧VII合规制动产品的全球量产落地，泰明顿企业管理（上海）有限公司引进的原装进口制动产品也将同步满足欧VII法规的排放与性能要求。

少对外部第三方检测机构的依赖。

“由于我们从早期便深度参与欧VII法规要求的制定，再凭借行业内的战略地位，我们得以在法规正式生效前很长的时间便启动合规解决方案的研发。”泰明顿摩擦材料独立售后市场执行副总裁克莱蒙·德·瓦隆（Clement de Valon）表示，“我们在原厂配套领域积累的知识与经验，为下一步的核心布局—将欧VII合规解决方案带入售后市场，奠定了坚实基础。对我们而言，降低制动粉尘排放远不止于达到法规要求，更在于实现清洁制动，降低产品全生命周期的环境影响。

技术平移：从原厂配套到售后市场

独立售后市场的业态复杂性带来了额外的技术挑战。尽管售后市场的具体应用要求与原厂配套场景存在差异，但底层的摩擦技术原理、测试专业能力与验证体系是完全共通的。在研发欧VII合规售后产品的进程中，泰明顿集团目前已进入密集测试阶段，并已筛选出多款满足排放要求的成熟摩擦配方。

我们向客户传递的信息非常明确：当售后市场相关法规正式生效时，泰明顿集团必将做好全面准备。”泰明顿摩擦材料全球售后市场销售与产品管理/研发副总裁马可·洛特（Marco Loth）表示，“凭借深厚的原厂配套技术积淀，我们有足够的实力提供低排放制动解决方案，同时依旧满足客户对性能、舒适性与安全性的需求。”

中国市场同步布局：进口产品线接轨欧VII标准，国内用户同步享全球前沿技术

作为德国泰明顿集团在中国的专属销售与售后服务运营主体，泰明顿企业管理（上海）有限公司在中国区市场本着“专业创造价值、服务赢得未来”的发展理念，承担着集团旗下属Textar，Mintex和Pagid制动产品在中国市场的渠道开发、技术支持与售后服务等职能，依托集团全球研发能力与供应链网络，为国内经销商、维修终端与车主提供覆盖全车型的专业制动解决方案。

在国内制动市场价格竞争已经趋于白热化的市场环境下，对于一些进口和合资的高端豪华车型，泰明顿企业管理（上海）有限公司坚持品质优先，依然引入了和欧洲市场同质同源的制动产品。所有进口产品均遵循集团统一的品质标准生产，与海外市场在售的产品保持了一样的高性能，精准匹配了高端豪华车型车主原厂级维修保养需求。

随着泰明顿集团欧VII合规制动产品的全球量产落地，泰明顿企业管理（上海）有限公司引进的原装进口制动产品也将同步满足欧VII法规的排放与性能要求。国内豪车车主无需等待，即可同步获得符合欧VII标准，兼具低排放、高性能与高可靠性的制动产品。这不仅将为国内日益增长的豪华车维保市场提供合规配件保障，也将把全球领先的清洁制动技术带入中国市场，助力国内售后制动产业的品质升级与可持续发展。A

新能源汽车规模化充电对电网承载力的影响与对策

文/王娜 简晓荣 刘可歆（中国汽车技术研究中心有限公司中国汽车战略与政策研究中心）
郑琪 谢刚[吉利汽车研究院（宁波）有限公司]

明确新能源汽车充电对电网承载力的实际影响，为交通能源协同发展提供实证支撑。采用实地访谈方式开展调研，覆盖北京、江苏、四川等4个重点省市典型场景。结果显示，2024年我国新能源汽车年度充电量占全社会总用电量的1.1%；假设全部汽车完成电动化替代，年度充电需求仅占2024年全社会用电量的12.8%，不会对电网造成全局性冲击，但新能源汽车固有充电特性可能在局部地区和时段对电网造成一定冲击。提出强化规划衔接、推广车网互动技术、创新需求侧管理三类应对策略，可有效提升电网接纳能力，保障产业平稳发展。

国内外很多学者开展了新能源汽车充电对电网承载力影响的研究。在整体影响层面，Markel提出大规模无序充电会推高电网负荷峰值、增加扩容成本，明确合理充电策略与电网规划对产业可持续发展的核心价值；TAYLOR开发出一套可体现插电式电动汽车时空分布多样性的分析方法，研究插电式电动汽车对电网的潜在影响。卢佳研究了电动汽车的电池特性、充电模式以及用户行为习惯对电网产生的影响。王旻玮基于随机、网损最优及分时电价三种不同的充电方式对电网的影响，提出随机充电方式对电网影响最大，网损最优和分时电价充电都能够有效缓解大量电动汽车充电给电网增加的压力。陈丽丹针对电动汽车充电对电网的负荷节点电压以及网络损耗的影响，采用了动态多目标的电动汽车优化充电调度策略，改善了电网运行指标和用户利益。马翼飞、唐翼对规模化电动汽车入网负荷进行预测，并分析了其对电网的影响。

在局部冲击与风险研究层面，Carthy D M通过仿真研究得出电动汽车接入后对澳大利亚某城市输电网线路和变电站主要设备的影响不大，不会导致该城市已有输电线路和变电站的主要设备过载。Robert C总结了电动汽车接入对电力系统的影响主要在配电网层面。FERNANDEZ等提出了一种综合方法，用于评估不同渗透率的插电式电动汽车对配电网投资和增量能量损耗的影响。李龙、刘献良、孟宪珍等研究了电动汽车充电的谐波特性、对电压波动的影响。

在协同发展策略上，李亚纶等提出电动汽车与能源系统融合互动是普及新能源汽车和构建新型电力系统的关键要素，亟需构建适应多主体交互的技术体系和发展路径。Yu Xiaolong分情景集研究电动汽车在不同充电方式（无序、家庭充电、谷荷充电、V2G）下对电网不同类型新增装机的影响。经过仿真得出结论，新增装机与电动汽车的充电方式相关，在V2G模式下，需要新增的装机最小。Denholm P、Mahalik M的研究结论类似：若采取有序充电，则电动汽车大规模并网对美国电网发电侧、伊利诺伊州发电组合的影响很小。Kintner-Meyer M认为目前美国具有足够的装机容量支撑美国84%的汽车电气化。Hubner M研究在不同情景电动汽车接入对德国电力系统不同类型机组新增发电量的影响。

当前学术界已形成“无序充电多层面影响电网运行，科学引导可实现协同发展”的共识，但现有研究多基于模拟情景展开，结合实地调研与实际运行数据的实证研究不足，针对节假日高速公路潮汐充电、物流园区集中充电等新兴场景的研究有待深化。本文结合多省市实地调研数据开展大规模充电对电网影响分析，为产业实践提供支撑。

新能源汽车规模化充电对电网的整体影响

截至2024年年底，我国新能源汽车保有量突破3000万辆，但从全社会用电总量来看，充电需求占比极低，不会对我国电力供应体系造成颠覆性压力，仅存在局部区域供需矛盾。

表1 我国新能源汽车及充电基础设施数量变化

年份	新能源汽车保有量/万辆	同比增长率	充电基础设施保有量/万辆	同比增长率	车桩比
2022年	1310	67.1%	520.9	99%	2.51
2023年	2041	55.8%	859.6	65%	2.37
2024年	3140	53.8%	1281.8	49.1%	2.45

数据来源：公安部、中国电动汽车充电联盟

表2 不同区域电网冗余度及规模化无序充电影响对比

区域	电网冗余度	规模化无序充电影响
城市核心区（如北京四环内区域）	老旧城区电网建设标准偏低，电网冗余度普遍较低	电压波动率显著升高
农村地区（如四川省泸县）	乡村电网普遍存在结构薄弱、线路老化问题，冗余度较低	需新增电力容量及投资，资金压力较大

我国新能源汽车在用车规模迅速扩大

根据中国汽车工业协会数据，2024年我国新能源汽车市场持续快速增长，全年产销分别完成1288.8万辆和1286.6万辆，新能源汽车新车销量达到汽车新车总销量的40.9%，市场规模首次突破1000万辆。从保有量来看，根据公安部统计，截至2024年年底，我国新能源汽车保有量达3140万辆，占汽车总量的8.9%，较2023年提升2.8个百分点。

当前新能源汽车充电量占全社会用电量的比例极低

新能源汽车市场增长带动充电设施加快发展，充电量显著提升，但占比仍然处于较低水平。根据国家能源局数据，截至2024年年底，我国充电设施总数达到1281.8万台，同比增长49%，车桩比达到2.4:1。受益于县域充换电设施补短板试点、公共领域电动化试点等工作的有序推进，我国高速公路、国省干道、县域地区的充电基础设施加快补齐，截至2024年年底，全国高速公路服务区累计建成充电桩3.5万台，覆盖率达98%；县域地区累计建成充电桩43.8万台，同比增长55.4%。2024年全年，我国新能源汽车充电量突破1100亿kWh，同比增速达38%。同期我国全社会用电量为9.85万亿kWh，新能源汽车充电量仅占全社会用电总量的1.1%，对整体电力供需格局影响极小。

未来新能源汽车充电不会对电网造成颠覆性压力

即使考虑未来新能源汽车全面替代燃油车的场景，现有研究也证实不会对我国电力供应体系造成颠覆性压力。

新能源汽车充电量Q测算公式为：

$$Q=\Sigma Ni\times Li\times Ei \quad （公式1）$$

式中：Q表示新能源汽车总用电量，即各领域新能源汽车用电总需求量，Ni表示第i种领域车辆数量，Li表示第i种领域车辆年均行驶里程，Ei表示第i种车辆公里耗电量。

根据公安部2024年统计数据，我国汽车整体保有量为3.53亿辆，若将全部汽车替换为新能源汽车，按照当前车辆运行情况和单位车充电量测算，年度总充电需求约为1.26万亿kWh，仅占2024年全社会用电量12.8%。考虑到电动化替代是长期过程，我国电网供给能力仍在持续提升、光储充换一体化和车网互动等新技术应用也将提升能源效率，降低对电网的冲击。中国科学院院士、清华大学教授欧阳明高表示“新能源电力和新能源汽车会协同发展，即使所有轿车都转为电动汽车，其所需的电力也只占全社会电力消耗的8%左右”，不会对整体电力系统造成过大压力。

新能源汽车固有充电特性可能在局部地区和时段对电网造成一定冲击

新能源汽车充电时空分布不均，特定场所集中用电等固有充电特性，会导致电网在高峰时段负荷叠加，进而产生区域电网承载能力不足、电压波动较大等问题，影响局部电网的安全稳定运行。

充电无序性，加剧供电紧张与薄弱地区电力供需不平衡

我国地域辽阔，电网规划前瞻性与升级改造力度不同，且不同城市间的经济发展水平和用电需求差异较大，导致电力冗余度存在显著不同，且同一城市内部老旧城区与新旧城区电网状况也存在显著差异。新能源汽车规模化无序充电会大幅提高电网负荷峰谷差，将进一步加大这类供电紧张城市电力的调配压力。如北京作为超大型城市，人口密集且经济活动频繁，电力需求长期处于高位运行状态，使得电网储备空间相对有限，且四环内多为老旧电网，应对激增的电力需求压力较大。据国家电网相关数据显示，2025年春节期间北京充电高峰时段电网负荷相较于平日增长超过30%，在老旧电网集中的四环内区域，电压波动率高达5%，远远超出了国家标准规定的3%。

部分地区尤其在欠发达乡村地区，电网长期存在结构薄弱、供电半径大、部分线路老化严重等问题，较难承受充电负荷的快速增长。乡村地区投资成本相对较高，电网改造升级需要巨额的投资。以四川省泸县为例，该县计划在2024—2026年新建充电桩1.8万kW，需要新增电力容量2.5万KVA，投资额需2000万元左右，资金成本较大。

充电潮汐性，假期集中功率需求加大高速公路等出行主干线电网负荷波动

高速公路等出行主干线上新能源汽车充电需求呈现出极为显著的潮汐现象，而服务区大功率充电桩布设比例较高，新能源汽车大规模的集中充电需求，会使高速公路沿线区域电网供电频率下降，继而影响服务区电力安全。尤其在春节假期，大量车辆集中返乡和返程，使得高速公路服务区的充电量急剧增加，部分服务区供电能力严重不足。2025年春节期间，我国高速公路新能源汽车充电量呈现出迅猛增长的态势，同比增长29.48%，日均充电量达到716万kWh，广东、江苏等地电网公司透露，今年春节期间部分高速公路服务区充电峰值功率较日常增长8~10倍，需通过临时增容或限流缓解压力。江苏沈海高速某服务区共配备30台120 kW快充桩，全部充电桩满负荷运行时，瞬时功率高达3.6 MW，远远超出了该服务区原设计的供电能力2.5 MW。

充电集中性，车辆充电时间段多聚集在晚上，充电负荷与生活用电负荷叠加使电网“峰上加峰”

2024年，新能源私家车销量占比将近80%，是新能源汽车市场的绝对主力。行业机构研究表明，居民区充电时间大多为晚上6点至凌晨1点，与生活用电高峰高度重合，两者叠加极大拉高居住区的峰值负荷。以某小区为例，白天生活用电负荷仅为300 kW，傍晚至晚上时段生活用电负荷已经达到600 kW，再加上560 kW的充电负荷，总负荷骤增至1160 kW，远超白天的负荷水平，对电网造成了较大压力。电动货车集中充电也导致局部负荷“脉冲式”增长，如深圳某物流园夜间充电功率峰值达8 MW，接近一座小型水电站的功率。

应对策略与建议

为降低新能源汽车快速增长对电网的冲击，应做好电网与充电设施规划衔接的有效衔接，不断提升供电保障能力，加大对V2G等关键技术的研发支持，加快相关技术应用与标准出台，创新多种管理手段。

做好电网与充电设施规划衔接，提升供电保障能力

一是做好电网规划与充电设施规划的衔接，合理预留高压、大功率充电保障能力。二是提前谋划电网改造规划，在新能源汽车保有量增长较快的区域，优先开展电网升级改造工程，增加变电站容量，优化配电线路布局，有效提升电网对新能源汽车充电需求的接纳能力。三是以县域补短板试点为契机，鼓励县乡地区结合本地电网特点与电力需求情况提前谋划和改造电网，提升供电保障能力。

表3 典型地区高速公路场景平时/节假日充电数据对比分析

时间段	日均充电量/万千瓦时	充电峰值倍数	瞬时功率倍数
平时	1	1	1
春节期间	3	8-10	1.44

加大V2G等关键技术的研发支持，加快相关技术应用与标准出台

一是进一步加大对V2G等关键技术的研发支持力度，鼓励企业与科研机构加强合作，加快推动相关技术的产业化应用。出台统一技术标准、通信协议和安全规范，确保不同厂家的设备能够实现互联互通。加强宣传推广，提高车主对V2G技术的认知度和参与积极性，促进新能源汽车与电网之间的良性互动。二是鼓励固定式储能设施建设，积极支持光储充一体化项目，提高能源综合利用效率，降低对传统电网的依赖程度。

创新多种管理手段，提升整体能源利用效率

一是深化“五一”、“十一”、“春节”等假期期间高速公路等重点区域充电需求动态研判，采用移动式充电等措施，缓解假期期间高速公路服务区压力，提升新能源汽车车主充电体验。二是鼓励将充电负荷作为重要的需求侧资源进行管理,将其纳入虚拟电厂或者需求响应平台，实现充电站与电网的高效互动,提升充电站的响应调节能力。三是加大智能化调度等手段应用，提升电力负荷精准预测能力，提高整体能源利用效率。

结论

当前我国新能源汽车规模化充电对电网整体影响极小，不会造成全局性颠覆性冲击。2024年我国新能源汽车充电量仅占全社会总用电量1.1%，即使实现全部汽车电动化替代，年度充电需求占比也仅为12.8%，现有电力供应体系完全可以承载这一需求，不会出现全行业电力供应危机。

充电行为的无序性、潮汐性和集中性特征已经引发局部区域电网运行问题，老旧城区晚高峰充电、春节高速公路服务区远高于平时充电峰值，局部区域已经出现负荷过载、电压波动超标等问题，需要提前应对。

通过强化规划衔接、推广车网互动技术、创新需求侧管理，可有效提升电网对新能源汽车充电的接纳能力，缓解局部供需矛盾，支撑新能源汽车产业长期平稳发展。后续研究可针对不同场景局部电网改造的成本收益开展量化评估，进一步优化改造路径和投资模式。A

新能源汽车电气系统的故障诊断及维修技术

文/刘永兰（常州信息职业技术大学）

电气系统是新能源汽车的核心工作系统，这套系统的运行状态直接影响整车的行驶性能与使用安全性。为切实解决新能源汽车电气设备频发的各类故障，提升车辆售后维修的实操质量与检修效率，通过依次划分动力电池、电机驱动、车载充电、高压电控、低压辅助五大电气模块，全面梳理各个模块的常见故障类型、车辆故障表象与实操诊断方式；以及结合不同电气故障的发病特征，匹配对应的专项维修工艺与标准化作业流程，明确各类故障的修复重点、高压安全操作规范以及维修后的性能校验标准，以期能够有效提升电气故障的排查精准度，彻底解决车辆续驶异常、动力不足、充电故障等问题，也为新能源汽车一线维修工作提供可靠的实操参考。

国内新能源汽车市场保有量持续攀升，整车电气化、集成化程度不断提高，汽车内部电气结构更加复杂，各类电气故障的出现概率逐步上升。新能源汽车依靠高压电气设备提供动力支撑，电气系统出现故障后，车辆不仅会出现续驶骤降、动力受限、充电中断等使用问题，还会滋生线路短路、电池热失控等安全风险，直接威胁驾乘人员的行车安全。目前一线汽车维修行业中，多数维修人员对新能源汽车电气故障的排查流程不够规范，故障定位不够精准，维修操作缺乏标准，容易出现故障修复不彻底、二次故障频发的问题。因此，通过梳理新能源汽车各大核心电气系统的故障特征与诊断手段，整理配套的专项维修技术，能够规范现场维修作业流程，对提升新能源汽车运维水平、保障车辆稳定安全运行具备实际应用价值。

新能源汽车电气系统的故障类型与诊断方法

动力电池系统常见故障及诊断方式

动力电池系统的常见故障主要集中在电芯本体、连接线束、信号检测模块三个方面，这类故障的具体类型包含电芯容量衰减、单体电芯电压不均衡、电池热失控预警、高压线束接触不良、电池管理系统信号采集异常等。车辆出现这类故障后，会直接出现续驶里程骤降、充电中途中断、仪表板点亮电池故障灯、整车动力受限等现象。工作人员可以通过专用检测设备读取电池管理系统的后台运行数据，工作人员能够比对各单体电芯的电压、温度、内阻核心参数，以此排查参数偏差超标的故障电芯。工作人员需依托整车故障码初步锁定故障范围，同时通过目视检查确认电池包外壳的密封状态、线束接口的氧化及松动情况，以此排除物理接触类故障。电池系统故障带有明显的工况关联性，部分隐性故障不会持续显现，只有车辆大电流放电、快充升温阶段才会暴露，常温静置采集的数据无法复现故障现象。单体电芯内阻异常就是典型案例，车辆低速行驶时各项参数没有明显异常，当驾驶员急加速，电池输出大电流，故障电芯压降会快速增大，车辆随即启动动力限功率保护。维修人员开展诊断工作，不能只采集静态数据，还需要模拟车辆行驶工况，开展动态负载测试，完整记录充放电全过程电芯电压、温度变化曲线。电池管理系统配套的采集线如果发生断路或者虚接，设备会采集到虚假电压、温度数据，误报电芯故障。这类采集线束故障和电芯本体故障表现高度相似，维修人员要区分电芯性能劣化与采样回路信号失真两种情况，避免更换完好电芯，造成不必要的维修损耗。电池包外壳磕碰、底部托底产生的细微裂痕很难通过肉眼识别，这类损伤会造成缓慢渗水，故障潜伏期较长，维修人员可以借助气密性检测设备判断外壳完整程度，提前排查进水隐患。

电机驱动系统常见故障及诊断方式

电机驱动系统的故障主要分为电机本体故障、控制器故障、动力线路故障三类，车辆的典型故障表现为行驶动力不足、加速过程顿挫、电机运行异响、车辆无法正常起步、驱动系统弹窗报错。该系统的常见失效问题包含电机绕组绝缘层老化、轴承磨损卡顿、转子运转卡滞、控制器功率管击穿、驱动信号传输中断等。工作人员可以采用软硬件结合的方式开展诊断作业，工作人员通过专业诊断仪读取驱动系统的故障代码与实时运行参数，持续监测电机转速、

输出扭矩、工作电流的波动变化。工作人员需使用绝缘测试仪检测电机绕组的绝缘性能，通过电机空载试运行排查机械卡顿与异响问题，以此精准区分电气信号故障与机械结构故障。电机驱动系统运行在强电磁干扰环境中，电机控制器和电机之间的旋变信号线容易受到电磁扰动，引发旋变信号丢失、角度信号漂移，车辆随之出现加速无力、偶发报错。这类电磁干扰故障不属于硬件损坏，普通万用表很难捕捉瞬时信号波动，维修人员需要借助示波器观测旋变波形，判断波形是否出现畸变、丢失。永磁同步电机内部的永磁体存在退磁风险，长期高温、大电流冲击会降低永磁体性能，电机输出扭矩持续衰减，系统不一定会生成明显故障码，属于典型隐性故障。空载测试很难识别退磁问题，维修人员要在负载工况下对比电机实际输出扭矩与理论扭矩差值，判断永磁体衰减程度。机械异响的来源比较复杂，轴承磨损、转子扫膛、冷却管路堵塞造成电机过热，都会产生异响。维修人员诊断阶段要结合温度、绝缘两类数据综合判断，不能仅凭异响位置锁定故障部件，防止忽略冷却系统这类关联诱因。

车载充电系统常见故障及诊断方式

车载充电系统的故障基本集中在充电功能异常，核心故障类型包括车载充电机模块故障、充电接口故障、充电唤醒线路故障，车辆实际故障表现为设备无法正常充电、充电速率大幅下降、充电过程频繁自动跳停、充电指示灯无任何响应。工作人员需优先排查外部供电状态与充电接口工况，重点检查接口针脚的磨损、氧化、松动等问题。工作人员可以通过检测设备读取充电机的工作电压、输入输出电流数据，以此判定充电机模块是否存在性能失效问题。工作人员还需检测充电唤醒信号线路的整体通断状态，精准排查线路断路、虚接等隐性故障。

高压电控系统常见故障及诊断方式

高压电控系统由高压配电盒、高压保险、高压继电器等核心部件组成，这套系统的常见故障为高压回路断路、继电器吸合异常、高压保险熔断、配电模块信号传输异常，这类故障会直接造成车辆无法上高压、整车无动力输出、高压系统故障报警。工作人员可以依托高压系统数据流开展全面检测，全程查看车辆高压上电的完整流程是否顺畅，实时监测继电器工作状态与高压回路电压数值。工作人员需检测高压线路与保险的导通性能，结合车辆故障码精准区分部件本体失效故障与线路控制信号异常故障。高压上电流程遵循严格时序逻辑，系统依次完成低压唤醒、绝缘检测、继电器预充、主继电器闭合，任意环节校验失败都会终止高压上电过程。很多维修人员只关注最终故障结果，忽略上电时序分步监测工作，无法定位预充回路、绝缘检测回路的细微异常。预充电阻阻值漂移就是典型情况，预充阶段母线电压达不到设定阈值，车辆直接上报高压上电失败，高压保险、主继电器外观却保持完好。维修人员处理这类时序类故障，需要分段采集上电全过程电压信号，确定时序中断的具体节点。高压回路绝缘故障的诱因十分复杂，潮湿环境、高压线缆绝缘层轻微破损、高压部件内部凝露，都会降低绝缘电阻，故障表现带有环境相关性，环境干燥时绝缘指标恢复正常，故障临时消失。维修人员诊断时要模拟潮湿工况，多次重复上电测试，稳定复现绝缘故障，防止维修完成后环境变化引发故障复发。高压配电盒内部空间狭小，继电器、铜排之间间距紧凑，设备长期运行积攒的粉尘、水汽会腐蚀铜排表面，形成间歇性漏电，目视检查很难发现微小腐蚀点，内窥镜搭配绝缘检测手段，能够辅助维修人员查看内部状态。

低压辅助电气系统故障及诊断方式

低压辅助电气系统依靠12 V蓄电池提供工作电源，系统常见故障类型为蓄电池亏电、线路短路或断路、保险片损坏、辅助电器负载工作异常，车辆对应的故障表现为车辆无法正常解锁、仪表板无法点亮、车灯与车载空调等辅助设备失效、整车系统无法唤醒。工作人员可以使用万用表精准测量蓄电池的静态电压与启动电压，逐段排查低压线路通断状态与保险片完好状态。工作人员需逐一检测各低压用电负载的运行工况，精准定位线路漏电、短路的具体点位，清晰区分电源本体故障与用电负载故障。

对应电气系统故障的专项维修技术

动力电池系统故障专项维修技术

工作人员开展动力电池系统维修作业时，必须严格遵守高压安全操作规范，工作人员作业前需断开整车高压电源，静置设备完成残余电荷释放，以此彻底规避高压触电安全风险。针对单体电芯电压不均衡、容量衰减的故障，工作人员可以采用单体电芯匹配更换技术，工作人员需筛选参数与原厂标准一致的全新电芯替换失效电芯，电芯更换完成后，工作人员需对整组电池开展均衡充电校准作业，同步修正电池管理系统的运行参数，保障所有单体电芯的电压、容量保持同步匹配。针对电池包线束接触不良、接口氧化的问题，工作人员需对线束接口进行打磨清洁与抗氧化处理，对松动的连接接头进行重新紧固，同时加装防震垫片，避免车辆行车振动引发二次虚接故障。针对电池包密封失效、内部进水受潮的故障，工作人员需拆解电池包并清理内部积水与杂质，检测整套系统的绝缘性能，更换老化的密封胶条与防水配件，重新打胶密封后需开展气密性测试。所有维修工序完成后，工作人员需开展电池满充满放循环测试，核验电池续驶能力、工作温度、电压参数的稳定性，确保各类故障彻底修复。

电机驱动系统故障专项维修技术

电机驱动系统的维修作业主要分为电气故障修复与机械故障修复两大类别。针对电机绕组绝缘老化、轻微击穿的故障，工作人员可以采用绕组烘干、绝缘喷涂的修复工艺，工作人员对老化严重、绝缘数值不达标的绕组需直接更换总成，彻底杜绝设备漏电、短路的安全隐患。针对电机轴承磨损、转子偏心引发的异响故障，工作人员需拆解电机端盖，更换磨损报废的轴承配件，校正转子的同轴度，清理电机内部积存的粉尘与铁屑杂质，设备重新装配后需做好密封防护，防止水汽、杂质侵入电机内部造成二次损坏。针对电机控制器功率模块失效、信号传输异常的故障，工作人员需拆解控制器壳体，细致检测电路板各类元器件的工作状态，更换击穿、烧毁的功率管、电容等故障元器件，对电路板整体做防潮、防腐加固处理。维修作业完成后，工作人员需开展电机空载与负载试运行测试，检测电机转速、扭矩输出的稳定性，校验驱动信号的传输精度，确保电机运行无顿挫、无异响、无系统报错问题。

车载充电系统故障专项维修技术

车载充电系统的维修工作重点包含接口修复、模块检修与线路整改三项内容。针对充电接口针脚氧化、磨损、变形的故障，工作人员可以使用专业打磨工具清理针脚表面的氧化层，对轻微变形的针脚进行校正修复，对损坏严重的充电接口需直接更换全新原厂配件，保证充电插接位置接触紧密、电路导通稳定。针对车载充电机输出功率不足、工作状态异常的故障，工作人员需拆解充电机模块，检测内部整流桥、变压器、电容等核心元器件的性能状态，及时更换失效配件，重新焊接松动的线路焊点，设备组装完成后需开展充电功率校准作业。针对充电唤醒线路断路、虚接的故障，工作人员需梳理全车充电控制线路，修复破损、断路的线束，重新压接线路端子并做好绝缘包裹处理，规整线路整体走向，避免线路被挤压磨损。所有维修工序完成后，工作人员需开展多次交直流充电测试，核验车辆充电速度与充电稳定性，彻底解决充电跳停、无法充电等故障问题。

高压电控系统故障专项维修技术

高压电控系统的维修核心为回路导通修复、故障部件更换与系统参数校准。针对高压保险熔断的故障，工作人员需先排查高压回路确认无短路隐患，再更换同规格的原厂高压保险，工作人员禁止混用不同参数的保险配件，避免高压回路出现过载失效问题。针对高压继电器吸合卡顿、工作失灵的故障，工作人员需拆解高压配电盒，清理继电器触点表面的积碳与氧化层，触点烧蚀严重的继电器需直接更换总成，保障高压上电、断电动作灵敏可靠。针对高压回路线路老化、绝缘层破损的故障，工作人员需更换破损老化的高压线束，重新固定线束卡扣，做好线路隔热、防震防护，规避线路磨损、高温老化引发的各类故障。硬件修复工作全部完成后，工作人员需开展整车高压上电标定，检测高压回路的电压稳定性与整体绝缘性能，排查线路漏电、接口虚接等隐性隐患，确保高压电控系统启停逻辑正常、安全保护功能有效。

> 新能源汽车电气故障具备隐蔽性强、类型多样、诱因复杂的特点，维修人员在开展检修作业时，需结合故障表象，依托专业检测设备锁定故障点位，再按照标准化流程完成维修作业。

低压辅助电气系统故障维修技术

低压辅助电气系统的维修重点包含线路整改、电源养护与负载故障修复。针对12 V蓄电池亏电、性能衰减的故障，工作人员可以使用智能充电设备对蓄电池进行补电激活，针对容量严重不足、无法正常存电的蓄电池需直接更换全新配件，蓄电池更换完成后，工作人员需校准整车低压休眠电流，全面排查车辆静态漏电问题。针对低压线路短路、断路、保险烧毁的故障，工作人员需逐段排查线路破损、搭铁故障点位，修复破损线束，更换对应规格的保险片，对线路接头重新压接包裹，规整全车低压线路的整体布局。针对车灯、空调、中控等辅助电器负载失效的故障，工作人员需单独检测各负载的供电线路与信号线路，通过修复线路故障或更换损坏的电器配件解决设备失效问题。维修工作完成后，工作人员需测试全车低压辅助设备的运行状态，检测整车休眠电流数值，确保车辆无漏电、设备失效、线路发热等遗留故障。

结语

新能源汽车电气故障具备隐蔽性强、类型多样、诱因复杂的特点，维修人员在开展检修作业时，需结合故障表象，依托专业检测设备锁定故障点位，再按照标准化流程完成维修作业。规范的故障诊断步骤、科学的维修操作和完善的后期校验工作，可以有效解决各类电气故障，减少车辆故障复发的情况，延长整车设备使用寿命。随着新能源汽车技术不断更新，维修人员也需持续优化故障诊断与维修方式，适配新型电气设备的运维需求，进一步提升新能源汽车售后维修的整体质量。A

阻燃绝缘塑料在新能源汽车高压充电线束外皮中的防火安全设计

文/王慧洁（鹤壁汽车工程职业学院智能制造学院）

随着新能源汽车产业的迅速发展，高压充电线束作为关键部件，其防火安全直接影响到车辆运行的安全，传统的绝缘材料已难以满足高压充电场景的防火要求。基于此，本文将着重分析确定阻燃绝缘塑料的适配性以及设计策略。研究发现，科学选型阻燃绝缘塑料并优化防火设计，配合完善的保障措施可大大提高高压充电线束外皮的防火安全性能，以期为新能源汽车高压充电系统防火安全设计提供一定的参考。

随着新能源汽车的普及，高压充电技术不断升级，高压充电线束是能量传输的重要载体，在充电过程中线束承受较高的电压和电流，易产生高温、电弧等隐患，其外皮防火性能不佳将会引发火灾，危及车辆、人员和财产的安全。在此背景下，加强阻燃绝缘塑料在高压充电线束外皮中防火设计的研究具有重要意义。这一方面可有效地防止火灾的发生，保证新能源汽车的安全运行，另一方面也可以促进阻燃绝缘材料技术的更新换代和推广应用，从而提高新能源汽车高压部件的安全设计水平。本文根据目前新能源汽车高压充电线束的防火安全要求，从阻燃绝缘塑料的选型标准和防火设计思路出发，完善相关保障措施，旨在提高高压充电线束外皮的防火安全性能，为新能源汽车高压充电线束的设计、生产、维护提供参考。

阻燃绝缘塑料的核心性能与选型

阻燃绝缘塑料的防火核心性能

阻燃绝缘塑料是保证高压充电线束外皮防火安全的重要材料，其主要性能体现为阻燃性能和绝缘性能的共同发挥以及平衡。其中，阻燃性能的获得要依靠材料内部的阻燃体系，在高温或者明火环境下迅速作出反应。当塑料外皮受到外界火源或者电弧的作用时，材料内部所加入的阻燃剂分解出不可燃气体或者形成致密的碳化层；碳化层起着物理屏障的作用，隔绝氧气，减缓热量向内部传递的速度，使火焰不能继续在外部蔓延。部分阻燃体系还可通过吸热分解来降低局部温度使火焰在火源移除之后自行熄灭，达到离火自熄的效果。阻燃机理使塑料外皮在火灾初期就起到关键的作用，阻止线束成为火焰传播通道。绝缘性能是高压充电线束外皮的又一重要指标，在高压直流充电时，充电电压可达几百伏，电流较大，对外皮的电气绝缘强度要求高。阻燃绝缘塑料需具有较高的体积电阻率和介电强度，可承受很高的电压而不发生击穿或者表面闪络。材料的绝缘性能还表现为能够在高温、潮湿等复杂环境因素的影响下保持较低的泄漏电流，防止由于绝缘变坏而造成漏电或短路事故的发生。阻燃成分的添加不应过度劣化塑料的绝缘基体性能，优良的阻燃绝缘塑料通过配方优化使阻燃填料和基体树脂形成稳定的分散体系，能够在保持材料本身电气绝缘性能的同时，又具有良好的防火性能，在高压充电环境下达到防火安全和用电安全的双重目的。

高压充电线束外皮用塑料选型原则

高压充电线束外皮用阻燃绝缘塑料的选型以使用工况为依据，使材料性能和工程需求相吻合。阻燃等级的考虑属于选型的第一要素，材料应具有一定的阻燃性能指标，一般用氧指数、垂直燃烧等级或者灼热丝起燃温度表示。选型时依照充电线束所在区域的防火危险等级来确定阻燃目标，保证材料接触到明火或者承受电弧高温的时候可以迅速自熄，限制火焰传播长度。阻燃体系的选择要兼顾环保性，优先选择无卤、低烟、低毒的材料，防止火灾发生时释放出的腐蚀性或毒性气体给车内环境造成二次伤害，满足新能源汽车车内环境安全要求。而电气绝缘性能与力学性能的综合平衡是选型的关键约束，材料要具有长期承受高压电场的绝缘性能，击穿强度、体积电阻率、耐漏电起痕指数等各项指标都要达到线束设计电压等级的要求。充电线束在车辆行驶过程中一直受到弯曲、拉伸、振动等各种机械载荷的影响，塑料外皮需具有足够的拉伸强度、断裂伸长率和耐磨性，防止由于机械损伤造成的内导体裸露和绝缘失效。材料耐老化性能也不能忽略，充电线束会处在日晒、臭氧、高低温交替等各种恶劣环

境下，材料应具有良好的耐热老化、耐紫外老化、耐水解性能以保证长时间的性能稳定。选型时还需考虑材料在各种环境下性能衰减速率，保证整个使用寿命周期内阻燃、绝缘性能达到设计要求，从而为高压充电系统防火安全提供可靠的材料基础。

新型阻燃绝缘塑料的优势分析

新型阻燃绝缘塑料在适配新能源汽车高压充电线束外皮使用需求上具有诸多优势，可有效解决传统材料在实际应用中出现的多种问题，为高压充电线束防火安全提供有力保障。其优势具体表现为三方面，一是此类材料依靠配方改良、改性处理及工艺革新，在阻燃性、绝缘性、耐候性及加工性等诸多方面实现了性能飞跃，符合高压充电环境的严格需求。

二是新型阻燃绝缘塑料阻燃、绝缘性优良。以无卤阻燃聚烯烃合金为例，其氧指数可达35以上，垂直燃烧等级为V-0级，离火自熄效果好，无卤低烟低毒，火灾发生时不会释放腐蚀性、有毒气体，不会对车内环境造成二次伤害。该材料体积电阻率、介电强度都较高，在高压充电时不易出现击穿、表面闪络现象，满足防火和用电安全的要求。

三是新型阻燃绝缘塑料的加工性能、应用场景等方面具有优势。阻燃尼龙66合金流动性好，可适应注塑、挤出、双层共挤等多种先进生产工艺，有效地提高线束外皮生产效率和结构稳定性，降低生产加工难度。同时根据不同的安装区域需要对配方进行调节，该材料可满足移动充电枪线束反复弯折需求、底盘线束耐磨的需求等，实现性能精确匹配，既保证防火安全，又保证线束的柔韧性、实用性。新型阻燃绝缘塑料具有上述诸多优点，因此成为高压充电线束外皮材料的首选，推动新能源汽车高压部件的安全性能的全面改善。

阻燃绝缘塑料在高压充电线束外皮的防火设计

外皮厚度的防火优化设计

新能源汽车高压充电线束外皮厚度的设计是防火安全设计的关键部分，需结合线束核心使用的参数，安装环境以及材料的阻燃特性来创建厚度和阻燃性能之间的合理联系。设计时以线束的电压等级、导体截面为依据，根据安装区域的火灾风险评价结果确定厚度范围，不能只追求防火效果而忽略线束的使用方便。不同使用场合下的高压充电线束所处的火灾风险存在差异，靠近关键部件的线束要加厚防火防护，适当增大厚度来提高阻燃性能；常规安装区域的线束可以在保证防火达标的基础上，兼顾线束的柔性以及安装方便。厚度设计要兼顾防火性能和线束弯曲柔韧性，参照绝缘塑料在电气电缆领域的应用经验，根据高压充电线束的使用特性初步确定厚度范围，然后通过系统的试验反馈来不断改进。试验时主要考察材料阻燃效率同厚度的关系，经由各种阻燃性能测试以及使用性能测试，剖析不同厚度下材料的阻燃效果和线束的柔性情况，剔除厚度不够引发的防火隐患和厚度过大造成使用不便。对于需要反复弯折的移动充电枪线束，其厚度设计需兼顾柔性以及防火性能，保证线束在被反复弯折的时候不会出现外皮破损的情况并保持稳定的阻燃效果。生产过程中建立完善的厚度检测体系，对塑料外皮厚度实行全过程控制，从而保证整条线束厚度均匀一致，符合新能源汽车整体防火安全标准。

塑料外皮的阻燃结构设计

新能源汽车高压充电线束塑料外皮的阻燃结构设计以提高防火安全性能为目标，根据高压充电线束的使用特点，采用双层共挤工艺制作复合阻燃结构，达到优良防火和绝缘的效果。双层共挤工艺利用专用设备把两种功能不同的阻燃绝缘塑料在熔融状态下直接复合形成无界面间隙的整体结构，可有效避免分层隐患，保证结构稳定性，两层材料共同起作用，可大幅提高整体阻燃效果。复合结构的外层采用高阻燃配方材料，应重点提高防火效能，使其能够在火焰作用下迅速形成致密的隔热炭层，有效阻止火焰蔓延，隔绝高温传导，从而保护线束内部导体不被破坏；内层使用绝缘性能好的阻燃材料，主要保证高压绝缘的效果，防止高压电流泄露造成安全隐患，同时配合外层达到全方位的防火防护效果，形成两道防火防线。结构完成后要进行系统的防火性能检测，检验其防火效果是否达到设计要求，保证热释放速率和总热释放量满足有关要求。复合型阻燃结构设计使得塑料外皮既具有很高的防火性能又具备良好的电气安全特性，可满足各种高压充电线束使用环境要求，有效防止充电时出现的各种火灾隐患。

接口部位的防火密封设计

接口部位是新能源汽车高压充电线束防火安全的薄弱环节，接口部位的密封性能直接决定整条线束的防火效果，因此防火密封设计要从导体压接区和连接器外壳衔接处入手，形成多层防火密封防护体系。接口部位的防火密封设计要根据它的结构特点，保证密封性能、结构稳定性和使用方便性，彻底消除火焰通过接口缝隙渗透。导体压接区采用阻燃密封胶填充和金属卡箍加固相结合的方式进行防护，选用阻燃绝缘塑料兼容性好、阻燃性能优良的硅酮基阻燃密封胶，涂覆前需对压接端子表面进行打磨、除油处理，保证密封胶与端子、绝缘层紧密接触，无气泡、无空隙。涂覆过程采用精密点胶工艺，沿间隙均匀涂布，保证密封胶完全填充间隙，形成连续完整的密封层，待密封胶完全固化后加装金属卡箍进行二次固定，从而进一步提高密封层的稳定性，防止振动环境下密封层脱落、开裂，加强压接区的防火密封效果。

在连接器外壳和线束外皮的接合处，采用阻燃绝缘塑料材质

相同的无卤阻燃聚烯烃材料进行二次注塑，将阻燃护套和线束外皮、连接器外壳紧密相连形成一个整体结构，防止出现传统拼接方式造成的缝隙。注塑过程中精确控制注塑温度和压力，保证套件和线束外皮、连接器外壳之间紧密贴合，没有松动或空隙，并且把护套延伸到线束外皮内部一定的长度形成嵌套式的结构，从而进一步提高衔接处的密封性能以及结构整体性。在护套和连接器外壳之间加一圈阻燃密封凸起，使接口部位的防火安全得到提高，满足高压充电线束的要求。

> 阻燃绝缘塑料在新能源汽车高压充电线束外皮中防火安全设计要从外皮厚度防火优化、塑料外皮阻燃结构设计、接口部位防火密封设计三个方面入手，可提高线束外皮的防火性能，避免火灾隐患，促进阻燃绝缘材料在该领域的规范化使用。

新能源汽车高压充电线束阻燃绝缘塑料防火设计的保障措施

加强材料质量管控

新能源汽车高压充电线束外皮阻燃绝缘塑料质量控制要从供应商准入阶段就开始建立严格的筛选标准，供应商必须具有完善的质量管理体系认证，其生产线要安装在线阻燃剂含量监测装置和绝缘性能检测设备。采购部门需要对供应商提供的阻燃绝缘塑料进行型式试验报告的审查，型式试验报告中应包含材料的氧指数值、UL94垂直燃烧等级、极限氧指数、体积电阻率、介电强度、热变形温度等主要参数，各项指标必须全部符合设计图纸中对于高压充电线束外皮用阻燃绝缘塑料的技术要求。供应商对批次之间的性能偏差进行承诺，阻燃剂含量的偏差不能超过±1.5%，绝缘电阻的偏差不能超过一个数量级。

材料进场后实行批批检测制度，每一批次的材料都要做抽样检测。抽样方案按国家标准规定的AQL值执行，每批抽取三个样品做阻燃性能试验和绝缘性能试验。阻燃性能测试采用垂直燃烧试验和水平燃烧试验相结合的方式，判定样品是否达到V-0或者相当于V-0级别的离火自熄要求。绝缘性能试验用介电强度测试仪加压1.5倍额定电压做击穿强度试验，测量体积电阻率不应小于设计要求。所有检测数据需进行记录并形成可追溯的质量档案，对检测不合格的批次进行退货处理并同步更新供应商质量评分；材料堆叠高度不大于三层，防止底座受力不均造成变形。库存周期在六个月内，超过六个月的材料必须重新做性能检测合格后才能领用。经过以上从源头到入库的全链条管控措施，阻燃绝缘塑料的批次质量稳定性、性能一致性得到保证，为之后的外皮成型和防火设计打下可靠材料基础。

强化应用维护优化

新能源汽车高压充电线束外皮阻燃绝缘塑料外皮应用维护要覆盖高压充电线束安装、运行、检修全过程。在安装环节制定标准化作业指导书，敷设操作使用专用弯管器或者导引滑轮，不得用金属工具直接刮擦外皮表面。线束固定点用带橡胶衬垫的卡箍，卡箍内径要和外径相匹配，紧固力矩控制在规定范围内，防止因为太紧而压伤外皮。线束穿入车身钣金孔洞或者支架孔眼处时，要加装阻燃橡胶护套或者蛇皮管做过渡保护，防止孔边锐利毛刺刮伤外皮；安装完毕后做外皮外观目视检查和绝缘电阻测量，无划痕、压痕、裂纹等机械损伤，绝缘电阻不小于设计规定的兆欧值。

使用过程中定期检查周期为每5000 km或者每六个月，检查项目有外皮表面老化龟裂、变色、变硬、变软等劣化。对暴露在引擎舱或者底盘等高温环境中的线束段进行红外测温，外皮表面温度不应超过材料连续工作温度上限。根据检查过程中出现的局部损伤，依照损伤深浅程度来制订分级处置方案，划痕深度小于外皮厚度10%时用清洁剂清除，涂上相同规格的阻燃绝缘修补胶，固化后做局部绝缘测试；划痕深度在10%～30%时要切除该段外皮，用热缩套管密封包裹；划痕深度大于30%或有贯穿性损伤的必须更换整段线束。维护过程中所用的清洁剂为中性缓释型以免溶解外皮中的阻燃成分。线束表面有灰尘或者油污时用软布蘸取清洁液轻轻擦拭，然后用干布擦干。对每年一次的深度维护，拆卸线束接头，检查接口部位的阻燃密封胶是否完好；若有硬化开裂则挖除旧胶，需重新涂覆新胶，保证高压充电线束的安全运行。

结语

阻燃绝缘塑料在新能源汽车高压充电线束外皮中防火安全设计要从外皮厚度防火优化、塑料外皮阻燃结构设计、接口部位防火密封设计三个方面入手，可提高线束外皮的防火性能，避免火灾隐患，促进阻燃绝缘材料在该领域的规范化使用。结合产业发展趋势，后续可将新型阻燃绝缘塑料材料与智能化检测技术结合并完善设计维护规范，从而进一步开拓应用场景，为新能源汽车产业安全发展提供更有力的技术支持。A

算力枢纽省份新能源车减排效应研究

文/刘睿[1] 吴佳琪[1] 杨雪[2] 席旨童[1]（1.西安外国语大学商学院 2.西安外国语大学经金学院）

推动能源结构转型与绿色低碳发展已成全球共识。“东数西算”工程将算力资源向西部清洁能源富集地区转移，为新能源汽车推广提供了新空间。本文以2020—2024年14个枢纽省份为研究对象，基于省级面板数据，构建以汽油消费为中介变量的面板中介效应模型，采用偏差校正的非参数百分位Bootstrap方法进行2000次重复抽样，检验新能源汽车推广对碳排放的间接影响机制，并从区域、电力排放因子、公路密度、第三产业占比及时间阶段五个维度进行异质性分析。结果表明，样本地区算力产业扩张带来的碳排放增量中，43.56%被新能源汽车推广带来的汽油消费削减所抵消，该结论在替换核心解释变量后稳健。异质性分析发现：电力清洁化是电动化减排的核心前置条件，火电主导地区推广新能源汽车反而可能加剧碳排放；充电设施空间匹配度比公路里程简单扩张对减排更有效；替代作用正逐步增强，抵消效应边际递减；碳排放分解表明，火电主导地区增排根源在于电力消费增长过快且清洁度不足，而非汽油替代失败。

推动能源结构转型与绿色低碳发展是全球应对气候变化的核心共识。我国“双碳”战略全面推进，高碳交通运输领域绿色转型成为节能减排关键抓手。当前国内新能源汽车产业高速发展，充电基础设施持续完善，规模化推广有效推动交通能源替代，成为交通碳减排核心路径。与此同时，数字经济快速扩张使数据中心能耗与碳排放问题日益凸显。我国于2022年正式启动“东数西算”工程，布局八大国家算力枢纽节点、覆盖14个省份，通过算力资源西移实现算力产业与绿色能源精准匹配，为区域新能源普及和交通低碳转型提供全新政策场景与发展条件。

基于此，本文以八大算力枢纽省份为研究样本，聚焦新能源汽车碳减排效应，重点探究枢纽省份内部减排效果的差异化特征，并以汽油消费为中介变量检验减排传导路径，以期丰富数字经济与绿色低碳发展交叉研究，为枢纽省份协同推进算力发展与交通低碳转型、落实“双碳”目标提供实证参考。本文数据源自国家统计局、生态环境部、中国汽车工业协会及工业和信息化部。

基于汽油消费的中介机制检验

指标与变量选取

本文构建的实证分析指标体系见表1。

本文以汽油消费为中介变量，采用Bootstrap面板中介效应模型，利用2020—2024年14个枢纽省份面板数据，检验“东数西算”背景下新能源汽车推广对碳排放的间接影响机制，并通过稳健性检验确保结论可靠。核心变量见表2。

基于Bootstrap的中介机制检验模型构造

本文采用Bootstrap方法，设定以下三个回归方程：

$$Y_{it} = c \cdot X_{it} + \beta_1 Z_{1,it} + \beta_2 Z_{2,it} + \beta_3 Z_{3,it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$M_{it} = a \cdot X_{it} + \gamma_1 Z_{1,it} + \gamma_2 Z_{2,it} + \gamma_3 Z_{3,it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Y_{it} = c' \cdot X_{it} + b \cdot M_{it} + \delta_1 Z_{1,it} + \delta_2 Z_{2,it} + \delta_3 Z_{3,it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中：μ_i为省份固定效应，λ_t为年份固定效应，ε_{it}为随机误差项。

采用逐步回归中介效应检验：（1）测算新能源汽车推广对碳排放的总效应c；（2）检验推广对汽油消费的影响系数a，预期a为负，即推广能抑制汽油消费；（3）同时纳入核心解释变量与中介变量，在控制推广变量下考察汽油消费对碳排放的影响系数b及推广的直接效应c′，预期b为正，即汽油消费增加助推碳排放。中介效应由间接效应a×b表征，满足c=c′+a×b；若间接效应置信区间不含0，则汽油消费的中介传导机制显著成立。

Bootstrap抽样策略：从原始样本中有放回重复抽样，样本规模与原样本相同；对每个Bootstrap样本估计并计算间接效应

表1 协同减排效应研究指标体系

一级指标	二级指标	指标性质	变量	单位
产业发展	新能源汽车月销量	正向指标	X_{it}	万辆
能源供给	发电量	正向指标	-	亿千瓦时
能源消费	电力消费量	正向指标	$Z_{3,it}$	亿千瓦时
传统能源	汽油产量	负向指标	M_{it}	万吨
基础设施	公路里程	正向指标	$Z_{2,it}$	万公里
经济发展	各地区GDP	正向指标	-	亿元
产业结构	第三产业GDP	正向指标	$Z_{1,it}$	亿元
碳排放	碳排放量	负向指标	Y_{it}	万吨CO_2
电力清洁度	电力平均二氧化碳排放因子	负向指标	-	$kgCO_2/kWh$

表2 核心变量构造表

变量类型	变量符号	变量名称	测度方法	单位
被解释变量	Y_{it}	碳排放量	汽油产量×2.3	万吨CO_2
中介变量	M_{it}	汽油消费	ln（汽油产量+1）	万吨
核心解释变量	X_{it}	新能源汽车月销量	Ln（新能源汽车当月销量）	万辆
	$Z_{1,it}$	第三产业GDP	ln（第三产业地区生产总值+1）	亿元
控制变量	$Z_{2,it}$	公路里程	ln（公路里程+1）	万公里
	$Z_{3,it}$	电力消费量	ln（电力消费量+1）	亿千瓦时

i对应14个省份，t表示年份。

a×b；重复2000次得到间接效应经验分布；取2.5%和97.5%分位数作为95%置信区间，若不含0，则中介效应在0.05水平上显著。

为验证Sobel检验所需的正态性假定是否成立，对被解释变量（碳排放量）、中介变量（汽油消费对数）、核心解释变量（新能源汽车销量对数）分别进行Shapiro-Wilk正态性检验。检验统计量定义为：

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^{n} a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (4)$$

式中：x_i为第i个顺序统计量，a_i为与样本量及正态分布相关的权重系数，原假设H_0为变量服从正态分布。

经检验，三个变量Shapiro-Wilk检验p值均小于0.001，拒绝正态性假定，即基于正态假定的Sobel检验结论可能失真。故本文采用该方法进行中介效应检验，并以2000次重复抽样保证置信区间估计的可靠性。

表3 Bootstrap中介效应检验结果

效应类型	估计值	95%置信区间	P值	Bootstrap次数
间接效应（中介效应）	-74.7675	[-127.7932,-2.9986]	0.0199	2000
直接效应	246.4202	—	—	—
总效应	171.6527	—	—	—
中介效应占比	-43.56%	—	—	—

表4稳健性检验结果汇总

检验方法	间接效应	P值	95%置信区间	结论
基准模型	-74.2068	0.0213	[-127.60,-2.43]	稳健
替换核心解释变量	-74.4032	0.0225	[-129.72,-4.48]	稳健
剔除极端值	62.5427	0.1144	[-21.72,128.32]	不稳健
控制第三产业GDP	-79.5907	0.3431	[-236.70,90.43]	不稳健

中介效应检验

表3显示，间接效应显著为负，表明新能源汽车推广通过降低汽油消费减少碳排放的中介路径成立；直接效应为正，反映算力产业扩张推动碳排放增加；总效应为正，说明汽油替代效应已部分抵消算力产业扩张带来的碳排放增量，抵消比例约43.56%，即汽油替代减排已起作用但尚未完全对冲，呈现阶段性特征。

稳健性检验

表4显示，在基准模型中，新能源汽车累计销量通过降低汽油消费显著减碳，结论稳健；将核心解释变量从当新能源汽车月产量替换为累计产量后，更能反映长期供给能力，检验说明中介路径仍显著成立；但对各连续变量进行上下5%分位数的截尾处理后，剩余样本中新能源汽车对汽油消费的替代关系不再显著，说明中介效应对样本构成较敏感，部分枢纽省份的特殊性可能主导了基准显著性；残差化控制第三产业GDP后净效应亦不显著，表明基准中介效应部分反映了经济结构转型的伴随关系。

枢纽省份异质性分析

异质性维度设计与样本划分

为考察中介效应在不同条件下的稳定性与方向变化，本文设定五个异质性维度。并按照区域、电力排放因子等维度将样本划分为东部枢纽组和西部枢纽组，分别对其进行Bootstrap中介效应检验，比较不同组别间间接效应的符号、大小及显著性差异。结果见表5。

从表5可知，在区域异质性上，东部枢纽汽油消费路径反而增排、西部有效减排，效应符号相反说明区域特征决定中介路径方向。电力排放因子方面，低因子组间接效应不显著、未识别出稳定中介净效应；高因子组（火电主导）新能源汽车推广反而增加汽油相关碳排放，表明电力清洁化是电动化减排的前置条件。公路密度方面，低密度组呈正向效应，可能因充电设施不足、实际使用率低，模型捕捉的是供给冲击而非真实替代；高密度组不显著，说明充电设施空间匹配度比公路总里程更关键。产业结构方面，低第三产业占比组因重型货运和柴油车替代不足未能净减排，高占比组不显著、规律尚不清晰。时间上，2022—2024年间接效应较2020—2021年下降约52.7%，但仍显著为正，表明“东数西算”后替代作用增强、正向抵消效应边际递减，尚未跨越由正转负临界点，但趋势预示未来有望实现真正负向减排。

碳排放分解：电力转移路径与油替减排悖论的解释

由表6异质性检验显示，东部枢纽省份的汽油消费路径呈现显著的正向间接效应，而西部枢纽为负向。为解释该现象，本文将碳排放来源分解为汽油燃烧排放与电力消费排放两部分，分别检验新能源汽车推广对两类碳排放的间接影响。设定两个平行中介模型：

（1）油替路径：

M_{gas}=ln（“汽油产量”），Y_{oil}=“汽油产量”×2.3

（2）电力转移路径：

M_{ele}=ln（“电力消费量”），Y_{ele}=“电力消费量”×“排放因子”×10

分别对东部枢纽与西部枢纽子样本进行Bootstrap中介效应估计（重复1000次）。

由表6可知，东部枢纽新能源汽车虽替代部分汽油消费，但同时电力需求大增。由于东部枢纽电网火电比例高，电力消费的边际碳排放因子较大，故电力转移路径的正向间接效应超过油替减排量，使总净效应为正；西部枢纽可再生能源占比高，电力转移路径正向效应弱，油替路径负向效应得以显现。可见火电主导地区推广新能源汽车反而加剧碳排放的根本原因，不是汽油替代失败，而是电力消费增长过快且清洁度不足。只有电力系统足够清洁，电动化才能真正转化为碳减排。

异质性来源的综合讨论

在能源结构上，电力清洁化是电动化减排核心前提：高排放因子组间接效应显著为正，火电主导区单纯推广难减排；低排放因子组不显著，尚无确定增减排结论。政策应优先在可再生能源富集西部布局产业链，加快东部火电替代。基础设施上，数量不等于质量：高公路密度组间接效应为负但不显著，低密度组显著为正，公路里程难反映充电便利性，应关注充电桩与保有量空间匹配而非盲目扩里程。产业结构上，低第三产业占比组显著为正、高组不显著，需差异化激励：工业主导省份重点推重卡物流车电动化，服务业主导省份提升充电便利性、推广新能源网约车。时间上，2022—2024年间接效应仍为正但较政策前下降约52.7%，替代效应逐步增强，预计随电力结构优化和充电网络完善有望由正转负。区域禀赋上，基准整体负向效应-74.77实为西部强减排-288.79与东部强增排486.31相抵之净结果：东部火电占比高，电力转移增排超过油替减排致净效应为正；西部依托清洁能源禀赋，电力增排弱、油替减排显现，整体平均掩盖了区域真实异质性传导路径。A

表5 各维度异质性检验结果汇总表

	组名	分组	间接效应	95%置信区间	P值
区域	东部枢纽	北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、安徽、广东	486.31	[221.56,699.35]	<0.001
	西部枢纽	四川、重庆、贵州、内蒙古、甘肃、宁夏	-288.79	[-482.43,-117.94]	0.0019
电力排放因子	低电力排放因子	排放因子≤中位数	189.43	[-52.43,375.60]	0.0815
	高电力排放因子	排放因子>中位数	387.27	[155.53,555.04]	<0.001
公路密度	低公路密度	公路密度≤中位数	551.46	[340.56,723.65]	<0.001
	高公路密度	公路密度>中位数	-126.96	[-345.72,77.42]	0.2514
第三产业占比	低第三产业占比	占比≤中位数	122.27	[-18.02,208.85]	0.0358
	高第三产业占比	占比>中位数	111.65	[-70.41,269.20]	0.2571
时间阶段	2020-2021年	全部14省份前两年	269.17	[44.84,506.07]	0.0342
	2022-2024年	全部14省份后三年	127.42	[-10.48,226.88]	0.0434

表6 东部与西部枢纽碳排放分解结果

区域	路径	间接效应	显著性	净效应
东部枢纽	油替路径	486.31（正）	显著	正值（增排）
	电力转移路径	更强正值	显著	
西部枢纽	油替路径	-288.79（负）	显著	负值（减排）
	电力转移路径	正值但较弱	—	

基于机器视觉的汽车零部件外观质量检测研究

文/马笑远（郑州西亚斯学院）

汽车零部件的表面状态影响装配质量及产品一致性，反光与复杂纹理容易掩盖细小缺陷。围绕外观缺陷的成像特征，分析光照配置、图像分割与识别分类的技术关系，讨论复杂表面干扰、微小缺陷漏检及多类型检测波动的成因，提出分区成像、保留浅层细节及结合异常检测的优化方法。分析表明，检测可靠性取决于有效成像与质量判定规则的共同约束，算法改进需通过实物样件和独立批次验证，并依据复核结果调整模型及参数，以提高生产现场的缺陷检出能力和判定一致性。

汽车零部件在成形加工和表面处理过程中容易产生外观缺陷。细长划痕可能来自夹具接触，铸造孔洞与成形过程有关，喷涂不均则常表现为局部色泽差异。这些缺陷的可接受程度取决于所在部位及使用要求，外观异常并不等同于功能失效，但密封面和装配边缘的缺陷需要更谨慎的质量判定。随着生产节拍加快，同一工位往往需要连续检查不同型号的零件，依赖人员经验的检查方式难以长期维持一致尺度。视觉检测能够保存表面图像并重复执行判别规则，其效果仍受到反射特性和成像分辨率限制。工业金属表面检测涉及光学成像、图像预处理与缺陷检测器的共同作用，单独提高网络精度不足以解释现场表现。检测技术的实际价值因此应落实到规定表面的有效覆盖、关键缺陷的可靠检出及判定依据的可追溯性，使检测结论与零件质量要求相对应。

汽车零部件外观质量检测概述

汽车零部件外观缺陷的主要类型

外观缺陷应按表面形态及加工来源分类。机加工件常见的划伤呈细长沟槽，毛刺多出现在孔口或切削终止位置；冲压件凹陷则改变局部曲率，正面均匀照明下未必形成清晰边界。发动机铸件的气孔和砂眼通常表现为暗色孔洞，孔洞类别仍须结合工艺记录确认。对于喷涂件，缩孔与露底主要改变局部覆盖状态，色差则需要在一致照明条件下比较，不能直接根据普通灰度图完成判定。同类缺陷在不同部位具有不同质量含义，例如装饰面的轻微擦痕与密封面的连续划伤不能采用同一接受条件。检测任务因此需要将缺陷类别落实到检查区域，记录长度或面积限值，并区分可清洁污染与材料表面的永久异常。

机器视觉检测的基本原理

机器视觉将零件表面反射的光信号转换为像素数据，再依据灰度或几何差异识别异常。缺陷检出首先要求缺陷与背景在图像中具有可区分的响应，划痕的散射增强和孔洞的局部阴影都可成为判别线索；如果反射高光使像素饱和，后续处理无法还原已经丢失的表面细节。系统通过相机标定建立图像坐标与实际位置的关系，再定位待检区域，避免把夹具边缘和零件背景当作缺陷。规则方法可以比较轮廓或局部纹理，学习方法则从样本中获得正常表面与异常区域的特征表达。两类方法都需要明确输出含义，分类结果说明区域属于何种缺陷，检测框给出大致位置，像素分割才有助于测量不规则缺陷边界。待图像处理完成后，缺陷尺寸还应结合安装姿态换算，倾斜曲面不能直接套用平面比例尺。质量结论最终由缺陷类别与检查部位共同决定，而不是由分类置信度直接决定。

基于机器视觉的汽车零部件外观质量检测关键技术

图像采集与光照系统设计

图像采集参数应从最小待检缺陷反推，先确定有效视场，再核查缺陷在图像中的像素宽度。以横向视场100 mm、横向像素数2048 px为设计示例，物方采样间隔为0.04883 mm/px，宽0.15 mm的缺陷理论上约占3.07 px；实际边界还受到镜头分辨能力和离焦影响，因此这一配置不能直接视为可靠检出的保证。大尺寸零件宜按检查部位分区采集，减少整幅缩放造成的细节损失。光照方案应利用表面反射差异，抛光金属可试用漫射照明抑制局部高光，浅划伤则需验证低角度暗场照明是否增强散射

信号。偏振配置有助于控制部分反射干扰，但不同材料的响应不同，应通过样件试拍确定组合。对于连续移动零件，曝光时间需与运动速度匹配，补光强度应保证短曝光下的图像信噪比。还应根据输送速度与曝光时间的乘积估算运动模糊长度，使一次曝光中的位移尽量小于1 px所对应的物方长度。若相机支架振动造成额外模糊，应改善安装刚度并重新核查触发同步。输送位置触发与相机时间戳应对应到同一零件编号，以防结果错配。表1比较上述示例的两种采样配置：横向像素数均为2048 px时，将横向视场由100 mm缩小至50 mm，物方采样间隔由0.04883 mm/px减小至0.02441 mm/px，同一0.15 mm宽缺陷的理论像素宽度由3.07 px增至6.14 px，但覆盖原检查区域需要增加采集位置。

图像预处理与缺陷区域分割

预处理的目的在于稳定背景并保留缺陷边界。对采集图像宜先检查饱和区域和模糊程度，图像不满足要求时应重新采集，再进行亮度校正及必要的降噪。针对发动机铸件图像中的离散噪点，可试用中值滤波配合阈值分割；滤波窗口应随目标尺度调整，过大的窗口可能把细小孔洞和断续划痕一并消除。背景亮度较均匀时可使用阈值分割，曲面引起连续明暗变化时则需采用局部阈值或背景估计，但不能补偿过曝及遮挡。零件位置存在变化时，应先根据稳定轮廓完成配准，再限制分割范围，避免正常孔位附近产生伪缺陷。形态学操作可连接断裂区域，但结构元素的尺度必须小于需要保留的间隔，否则相邻缺陷可能被错误合并。分割结果应回到原图核验，保留处理参数及对应版本，使局部面积的变化能够追查原因。

缺陷特征提取与识别分类

缺陷特征应围绕判别任务提取。形态较稳定的孔洞需关注面积与边界紧致程度，细长划痕则需保留方向和连续性，喷涂色差应比较经校准的颜色信息。正常加工纹理与划痕外形相似时，应结合考察异常相对于局部背景的偏离程度。传统特征方法适用于边界明确且样本差异较小的任务，复杂纹理下可采用卷积网络联合学习局部特征，训练方式需结合监督标注条件选择。识别过程应区分零件级筛查和缺陷级定位，整幅图像分类能够发现明显异常，却无法直接支持缺陷尺寸测量；对质量限值附近的区域，像素分割和几何核验更有实际价值。分类置信度不表示缺陷严重程度。若同一区域可能包含多类异常，应允许分别定位并保留多标签，避免强制归为单一类型。

汽车零部件机器视觉检测存在的主要问题

复杂表面对图像采集质量的影响

复杂表面造成的采集困难表现为缺陷响应随观察条件变化。

表1 两种视场方案的理论采样对比

采集方案	横向视场/mm	横向像素数/px	物方采样间隔/mm/px	0.15 mm缺陷对应像素数/px
A 全幅采集	100	2048	0.04883	3.07
B 分区采集	50	2048	0.02441	6.14

抛光金属的镜面反射会使局部亮度超过相机动态范围，浅划痕恰好处于高光区时，即使增加图像对比度也无法恢复其边界。粗糙铸件则在正常表面形成细碎阴影，孔洞的暗区与背景纹理接近，改变照明角度后两者可能同时增强。曲面零件各部位的法向不同，同一光源不能保证全表面具有相同照射条件；台阶与孔口还会形成遮挡，单幅图像中的未见区域不能被计入有效检查范围。表面残留油膜使反射状态变化，模型可能将油迹识别为材料损伤，也可能因高光扩大而遗漏原有缺陷。换型后沿用原焦距和照明位置，采集条件可能偏离训练样本。复杂表面问题需分别核查饱和失真和视场遮挡的来源，并检查夹具定位误差。

微小缺陷特征识别能力不足

微小缺陷识别不足往往在进入模型之前已经形成。大视场图像经统一缩放后，细裂纹或浅划痕可能只剩少量像素，边界和内部纹理无法稳定区分；后续网络多次下采样又会进一步削弱这些响应。粗糙背景中的细小暗点与真实孔洞外观接近，模型容易依赖周围纹理作出判断，换一批表面状态不同的零件后便可能失效。针对定位信息损失，坐标注意力与分类定位解耦可用于改善特征表达。

多类型缺陷检测稳定性不足

多类型缺陷检测波动源于样本差异与生产条件变化。划痕通常具有细长边界，孔洞偏向局部暗斑，而喷涂异常可能缺少明显轮廓，同一特征提取尺度难以兼顾这些差异。生产中常见缺陷数量较多，少见缺陷的训练样本不足，统一阈值容易偏向数量占优的类别。样本不足时，可考虑弱监督或无监督方法，但训练约束与适用条件并不相同。同一位置出现复合缺陷时，重叠检测框的去重策略也可能压制其中一类结果，使类别混淆转化为漏检。零件批次变化带来的粗糙度差异会改变背景分布，现场精度因此不能从固定测试集的结果直接推定。若训练集和测试集混入同一零件的相邻图像，评价结果还可能因样本相似而偏高。评价应区分区域误报与正常件误剔，正常件误剔率以误剔的正常件数占正常送检件总数的比例计算。同一零件的多个视角应合并为一次零件

级判定，避免统计重复。高节拍工位中的处理队列拥塞可能导致结果晚于分流时机，单帧推理速度良好并不代表整站稳定。

汽车零部件外观质量检测的优化措施

优化成像环境与图像采集方式

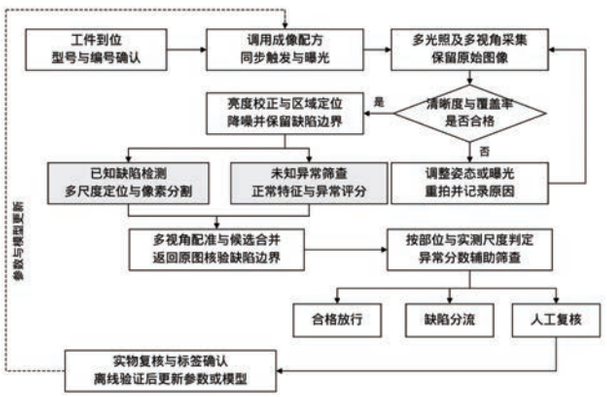
成像环境优化应先建立待检表面的覆盖清单，逐一确认观察方向和照明方式。对高反光表面，可通过漫射照明配合遮光罩减小环境光影响，并用低角度补光验证浅划痕；不同光照图像宜分别保存，避免简单叠加后掩盖缺陷的方向响应。曲面零件可利用多相机或转台补充视角，但视角增加会延长采集时间，需要依据盲区分布安排必要拍摄位置。远心成像可减小工作距离变化引起的倍率误差，但仍需核查景深和曲面投影误差。对凹陷等形貌异常，必要时增加三维信息，并用样件验证深度测量误差。光源老化后宜复查照度分布，用正常样件核对曝光和焦点，油污则应按工艺要求处理。设备换型时调用经过确认的成像配方，同时核对夹具定位。检测流程宜设置采集质量校验，质量不足时重拍并记录原因。多视角采集与识别复核的衔接见图1，反馈信息用于修正具体成像参数，避免误检长期依靠放宽阈值消除。

改进缺陷特征提取与识别方法

识别方法改进应优先保护与缺陷尺寸相匹配的图像信息。对大幅图像采用带重叠区域的分块处理，可减少整图缩放造成的细节损失，跨块缺陷则需合并位置并返回原图测量。网络结构可保留较高分辨率的浅层特征，再与包含背景信息的深层特征融合，防止细小异常在连续下采样中消失。增加注意力模块后，应通过分类型结果验证其定位与背景抑制效果。模型轻量化应优先减少冗余通道和重复计算，并保留承担微小缺陷识别的特征层。压缩后需要在同一硬件和相同输入尺寸下比较处理时间，同时逐类核查召回率，防止以总体速度改善掩盖关键缺陷漏检。

提高多类型缺陷检测适应能力

多类型检测适应能力的提高，需要把类别识别与未知异常筛查结合起来。已知缺陷采用监督检测，少见异常则参考正常表面分布，利用图像重建误差或局部特征偏差形成筛查分数。异常分数只能说明表面偏离正常模式的程度，不能直接替代缺陷类别和质量结论，低置信度或新形态区域应转入人工复核。复核后记录实物观察结果，再决定是否增加类别或调整样本，未经确认的预测图像不宜直接用于更新模型。复核样本应覆盖判定限值附近的状态，将可接受刀纹与真实划伤分别保存，供下一版本检验边界使用。不同型号应保存各自的成像配方与判定参数，对共用模型则采用独立批次测试，分别报告主要类别的召回率和正常件误剔率。工位验收应记录拍摄触发至分流指令发出的时间，并检查连续运行中的超时情况。更换模型版本前，使用保留样本比较关键缺陷检出情况，确认改善后再切换，并保留原版本。适应能力应通过新条件下的检测表现验证，并保留可追查的调整记录。



注：实线表示检测路径，虚线表示经复核和离线验证后的参数或模型更新。

图1 多视角成像与缺陷识别复核流程

> 机器视觉外观检测的可靠性建立在表面信息充分获取和质量规则明确表达的基础上。反光及遮挡首先影响缺陷可见性，微小缺陷识别则受采样尺度和细节保留程度限制，多类型检测还需要处理样本差异与生产条件变化。

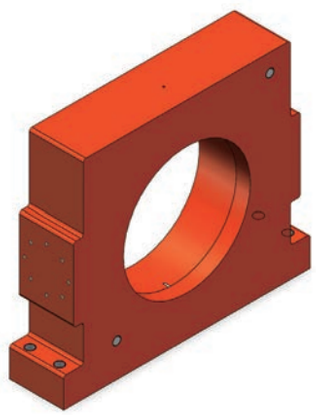
结论

机器视觉外观检测的可靠性建立在表面信息充分获取和质量规则明确表达的基础上。反光及遮挡首先影响缺陷可见性，微小缺陷识别则受采样尺度和细节保留程度限制，多类型检测还需要处理样本差异与生产条件变化。优化宜从分区成像和采集质量校验入手，再依据缺陷尺度调整特征提取，并以异常筛查补充少见缺陷检测。现场应用应通过独立批次验证实际检出能力，将复核结果用于参数和模型更新。后续应验证复杂曲面零件的最小可检缺陷及连续运行表现。A

Q355B拼焊一体式水冷润滑轴承座结构设计与制造工艺研究

文/宋小宁 邹昊哲 王浩宇 郭志强 刘力宏（国机集团北京飞机强度研究所有限公司）

针对现有上下剖分式水冷轴承座同轴度差、外置水路渗漏、散热不均、功能单一，以及铸铁轴承模具成本高、易产生气孔疏松缺陷等行业痛点，设计一种Q355B低合金高强钢分构件拼焊成型一体式水冷润滑轴承座。该轴承座内部集成360°环绕循环冷却水道与带通孔承载加强筋，壳体一体化内置润滑油路，无外置输水管道，同时具备冷却、循环润滑、密闭密封复合功能；配套分层拼焊+双阶段高温去退火、水压密封性检测一体化制造工艺。试验结果表明：本结构轴承座无需铸造模具，单件定制周期缩短40%，同等刚度下材料用量降低25%；0.4 MPa水压保压2 h无渗漏，轴承内孔圆度≤0.01 mm；钢材抗冲击、抗疲劳断裂性能显著优于铸铁件，可满足多通道液压疲劳试验台长期高频交变加载工况使用需求，为小批量多规格重载水冷轴承座提供一种低成本、高精度成型方案。



在多通道液压伺服疲劳加载试验装备中，轴承座支撑轴承长期承受高频往复交变载荷，运转产热量大。空气对流风冷换热系数仅0.024~0.03 W/（m·K），散热能力不足，极易造成轴承温升超标、润滑脂加速老化，严重时出现轴承抱死失效。水介质导热系数约0.6 W/（m·K）、比热容4.2 kJ/（kg·℃），水冷结构成为高精度重载轴承主流散热方案。目前商用水冷轴承座普遍采用上下对半剖分结构，上下壳体独立加工水道后通过外部软管连通水路，存在多项固有缺陷：剖分装配后轴承安装内圆圆度、同轴度难以保障，交变载荷下拼接面滑移引发传动轴跳动；外置冷却管路占用安装空间，接头渗漏风险高；剖分区域冷却水流通路径短，轴承局部过热；仅具备单一冷却功能，润滑管路需额外外接，装配流程复杂。传统铸造成型轴承座虽可实现一体化水道，但开模成本高，铸件易产生砂眼、气孔、疏松，高压水道渗漏废品率高，且铸铁弹性模量仅为钢材1/2，同等承载条件下自重更大，抗脆断性能较差。现有研究多聚焦铸造式水冷轴承座、分体水冷轴承座优化，针对钢板拼焊一体式、集成冷却润滑复合功能轴承座的结构设计与成套焊接去应力工艺鲜有报道。本文以疲劳试验台支撑工况为应用背景，设计Q355B钢拼焊一体式水冷润滑轴承座，完成内部环绕水道、通孔加强筋一体化结构设计，提出分层二氧化碳气体保护拼焊、两次分段600~650 ℃高温退火去应力、水压密封性检测成套制造工艺，并开展成型性能与使用效果分析，为小批量重载水冷支撑构件提供新的设计与加工思路。

轴承座总体结构设计

整体结构组成

轴承座全部构件采用Q355B低合金高强度钢，通过二氧化碳气体保护焊分块拼焊形成无上下剖分一体式密闭基体，整体分为外部功能孔系结构、内部水冷润滑承载结构两部分，结构示意如图1、图2所示。

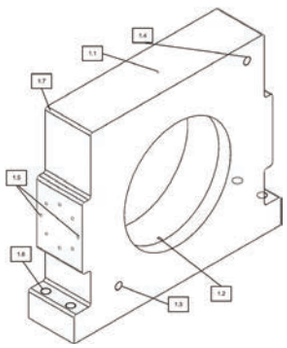


图1一体式水冷轴承座结构图

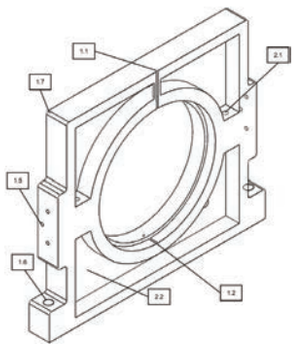


图2一体式水冷轴承座剖面图

1）外部功能结构：1.1润滑油进孔、1.2润滑油出孔、1.3冷却水进孔、1.4吸收热量后冷却水出孔、1.5径向力连接螺纹孔、1.6设备安装通孔、1.7安装边缘倒角。

2）内部复合承载散热结构：2.1带通孔加强筋、2.2 360°环绕循环水通道；加强筋对称布置于轴承座壳体内两侧，筋体开设贯通通孔并与循环水通道无缝连通，同步实现结构抗弯强化与冷却水流通；循环水通道完整包裹轴承外圈，实现轴承圆周全域均匀换热，消除局部高温区域。

结构创新优势

1）无分体拼接设计：摒弃传统上下对半剖分结构，不存在装配拼接间隙，长期疲劳载荷下无滑移、内孔圆度稳定；冷却水道全部内置壳体内部，取消外置连接软管，节省设备安装空间，杜绝管路接头渗漏隐患。

2）冷却润滑一体化集成：同一壳体集成循环水冷通道与内置润滑油路，润滑油可直接通入轴承摩擦副，多余润滑介质从底部出油口回流，一套结构同时完成散热、润滑双重功能，简化整机外部管路布局。

3）通孔加强筋复合结构：加强筋兼顾结构刚度与冷却水流通能力，在提升轴承座抗交变载荷变形能力的同时，不阻断冷却介质循环流动，解决单纯加强筋阻隔水路、单纯水道结构刚度不足的矛盾。

拼焊成型制造工艺设计

母材与焊接材料选型

母材选用Q355B低合金高强度结构钢，该钢材碳当量低，冷裂纹敏感性远低于45#钢，常温焊接无需预热，工艺适配性强。配套焊接材料分为两类：批量焊接主焊丝选用ER50-6实心焊丝二氧化碳气体保护焊；检修、厚板补焊备用E5015（J507）、E5016低氢型手工电弧焊条。

分阶段拼焊工艺流程

整体加工流程：构件下料预制→加强筋预装焊接→前后面板封焊+第一次退火→左右侧板、进油接头焊接→上下底板封焊+二次退火→外形精密机加工→水压渗漏检测→表面喷漆防护→成品检验，各工序详细要求如下。

1）构件下料预制：锻造加工轴承中心内圈，切割钢板制备加强筋、前后面板、左右侧板、上下底板各分体构件。

2）加强筋预装焊接：采用CO_2气体保护焊将带通孔加强筋对称焊接于锻造内圈两侧；机加工成型加强筋贯通通孔、轴承内圈润滑油进出螺纹孔。

3）前后面板焊接与一次去应力退火：封焊前、后面板形成水冷通道内侧腔体；工件整体送入热处理炉，加热至600~650 °C，保温2~4 h后随炉缓慢冷却，消除首轮焊接产生的残余应力，抑制后续加工内孔变形。

4）侧板与油嘴装配焊接：对称焊接左右侧板封闭水道侧边，焊接上部润滑油进孔接头。

5）上下底板封焊与二次退火：焊接上、下底板，形成完整密闭循环水冷通道；再次执行600~650°C保温2~4 h随炉冷却，释放多层拼焊叠加复合应力。

6）精密机加工：铣削轴承座外轮廓基准面，钻削径向连接螺纹、设备安装通孔，统一加工全部安装边缘倒角，保证外形尺寸与表面粗糙度达标。

7）水压密封性检测：向内置循环水通道通入0.4 MPa水压，恒压保压2 h，观测焊缝、孔位无渗水、滴水即为合格，同步完成润滑油路渗漏检验。

8）表面防护与检测：轴承整体喷涂防锈底漆，采用三坐标测量轴承内圈圆度、各孔位置度，尺寸、密封性能全部达标后入库。

工艺核心创新点

采用两次分段高温退火工艺，区别于单次整体退火方案：在前后面板封焊、上下底板完全封焊两个关键焊接节点分别执行去应力热处理，分层释放焊接残余应力，有效避免多层拼焊累积应力造成内孔失圆、壳体变形，大幅提升精加工后轴承安装孔形位精度。

表1拼焊轴承座与铸铁轴承座性能对比

对比指标	Q355B拼焊一体式轴承座	传统铸造轴承座
模具投入	无需铸造模具， 单件定制无开模成本	需定制金属型/砂型模具， 前期投入高
材料用量	同等刚度下减重25%以上	自重偏大，铸铁弹性模量低
成型缺陷	无气孔、砂眼、疏松等 铸造固有缺陷	易产生砂眼、气孔， 高压水道渗漏废品率高
生产周期	单件小批量生产 周期缩短40%	制模、造型、清理工序繁琐， 周期长
抗脆断性能	钢材韧性好，交变冲击不易断裂	铸铁脆性大，重载冲击易开裂

> 本文设计的Q355B拼焊一体式水冷润滑轴承座，取消传统上下分体剖分结构，内部集成360°环绕水冷通道与带通孔承载加强筋，壳体一体化集成润滑油路，一套构件同时实现均匀水冷、循环润滑、密闭密封复合功能，解决分体水冷轴承座精度差、漏水、散热不均、功能单一的痛点。

成型性能与综合效益分析

力学与密封性能试验

试制两款规格样品开展验证：实施例1为标准规格，加强筋通孔φ8，两次退火保温3 h；实施例2为重载加厚规格，加强筋通孔φ10，退火保温4h。检测结果：两款样品水冷通道0.4 MPa保压2 h无渗漏；精加工后轴承内孔圆度≤0.01 mm；经1000万次交变疲劳加载试验，焊缝无开裂、水路无渗漏，壳体无明显变形，完全满足多通道疲劳试验台长期连续工作需求。

与铸铁轴承座综合对比

将本拼焊结构与同等承载铸铁轴承座进行成本、重量、良品率对比，如表1所示。

由对比可知，拼焊一体式轴承座在单件、小批量定制场景具备显著优势，消除铸件固有缺陷，轻量化效果明显，抗疲劳、抗冲击可靠性更高。

相比分体水冷轴承座使用优势

1）散热性能：360°完整环绕水冷通道，轴承全域换热，无剖分面局部高温问题，轴承温度维持在合适范围；

2）装配性能：无外置冷却软管，整机管路布局简洁，装配工序减少3道以上；

3）精度稳定性：无上下分体装配间隙，长期加载传动轴径向跳动波动≤0.01 mm，疲劳试验数据漂移大幅降低。

替代拓展方案

为拓宽本设计适用范围，提出多组可替换技术方案，避免技术方案易被规避：

1）加强筋方案：加强筋数量1~4组、通孔直径6~12 mm可根据载荷大小调整；

2）焊接工艺：CO_2气体保护焊可替换手工低氢焊条电弧焊；

3）热处理参数：退火温度600~650 °C、保温时长2~4 h区间均可实现去应力效果；

4）母材替换：高载荷工况可选用45#锻钢、40Cr合金钢替代Q355B；

5）密封检测：水压测试压力0.4~0.5 MPa、保压时长2~3 h均可满足密封检验标准。

结论

1）本文设计的Q355B拼焊一体式水冷润滑轴承座，取消传统上下分体剖分结构，内部集成360°环绕水冷通道与带通孔承载加强筋，壳体一体化集成润滑油路，一套构件同时实现均匀水冷、循环润滑、密闭密封复合功能，解决分体水冷轴承座精度差、漏水、散热不均、功能单一的痛点。

2）提出分层拼焊+双阶段高温退火成套制造工艺，分层释放焊接残余应力，成品轴承内孔圆度≤0.01 mm，0.4 MPa水压保压2 h无渗漏，成型精度与密封可靠性满足疲劳试验台高频交变加载工况。

3）对比传统铸铁轴承座，本拼焊结构无需铸造模具，单件小批量生产成本更低，同等刚度材料减重25%以上，无砂眼、气孔等铸造缺陷，抗疲劳断裂性能更优，适合多规格、小批量重载水冷支撑构件批量生产，对同类试验设备轴承支撑结构设计具有参考价值。A

基金项目：中国机械工业集团有限公司科研专项（ZDZX2025-25）

智能网联汽车协同感知与数据融合研究热点及演化趋势

文/李传海 [吉利汽车研究院（宁波）有限公司]

为揭示智能网联汽车协同感知与数据融合研究的知识结构、演进过程及前沿方向，以Web of Science核心合集SCI-Expanded收录的2012—2025年文献为对象，经筛选获得304篇有效记录，运用CiteSpace开展年度发文、国家与机构合作、关键词共现、聚类、时间线及突现分析。结果表明：该领域在2020年后进入加速发展阶段，2023—2025年发文量占样本总量的77.30%；中国在国家合作网络中处于核心位置，清华大学、同济大学、加州大学系统和中国科学院等机构较为活跃；知识结构主要由三维协同感知、集体感知、V2X通信、数据关联、传感器融合、自动驾驶与协同驾驶等主题构成。研究热点已由感知消息共享转向特征级融合、鸟瞰图表征和三维目标检测，通信效率、时空对齐、模型鲁棒性及真实场景验证成为持续关注的问题。相关结论可为技术布局、科研协作与选题设计提供参考。

环境感知是智能网联汽车形成决策与控制闭环的基础。相机能够提供纹理与语义信息，毫米波雷达擅长距离和速度测量，激光雷达可形成三维几何描述，全球导航卫星系统与惯性测量单元则承担定位和姿态估计任务。不同传感器在探测机理、数据格式和误差分布方面差异明显，单一传感器难以同时满足复杂交通场景中的完整性、准确性和实时性要求，多传感器融合因而成为提升环境感知可靠性的重要路径。然而，单车感知仍受视距边界、动态遮挡、恶劣天气和远距离稀疏目标等因素限制。随着V2X通信向自动驾驶业务延伸，车辆、路侧设施与其他交通参与者能够交换目标列表、中间特征或传感器数据，使环境认知从局部视野扩展为多主体协同视野，并为交叉口盲区预警和复杂道路目标检测提供新的技术条件。

现有研究已从体系架构、融合层级、通信模式、数据集和典型算法等方面对协同感知进行分类梳理，但传统综述主要依赖代表性文献的归纳，难以同时呈现科研力量分布、概念共现关系、主题持续时间及前沿转换速度。尤其在深度学习、车路协同和三维感知快速交叉的背景下，仅按照早期、中期和后期融合划分技术路线，容易弱化通信约束、时空对齐和真实部署等问题之间的联系。CiteSpace能够从大样本文献中识别合作网络与主题群落，并通过时间线和突现检测揭示研究重心的阶段性变化。据此，本研究分析发文增长与合作格局，识别关键词网络中的核心板块，并讨论研究热点由信息共享演化至三维协同感知的过程及工程化瓶颈。

数据来源与研究方法

数据来源与清洗

数据来自Web of Science Core Collection，索引限定为Science Citation Index Expanded（SCI-Expanded）。检索词由车辆对象词与感知、融合词两组构成：前者涵盖intelligent connected vehicle、connected and automated vehicle、connected autonomous vehicle、V2X等表达，后者涵盖cooperative perception、collective perception、multi-agent perception、vehicle-infrastructure cooperative perception、sensor fusion等表达，并使用布尔逻辑进行组合。为降低主题漂移，进一步排除cooperative spectrum sensing、无人机、水下航行器和移动机器人等非道路交通主题。文献类型限定为Article和Review，语言限定为English，检索日期为2026年8月4日。初检获得410条记录，CiteSpace预处理结果显示唯一记录409条、重复记录0条、无效记录0条；剔除1篇Editorial Material后保留409篇。由于2026年仅统计至8月且另有1篇标注为2027年的在线优先文献，为保持年度切片的完整性和可比性，最终剔除2026年104篇及2027年1篇，形成2012—2025年304篇有效文献的数据集。采用完整年度而非不完整年度，有助于避免最新年份在发文趋势和突现分析中被异常放大，具体设置见表1。

分析方法

采用CiteSpace 6.4.R1对样本文献进行可视化分析。时间切片设置为2012—2025年，步长为1年；节点筛选采用g-index，k值设

为25，其余参数为LRF=2.5、L/N=10、LBY=5、e=1.0，网络未进行裁剪。国家与机构网络用于识别科研主体的产出与合作，关键词共现反映概念联系，聚类分析识别研究板块，时间线呈现关键词的出现顺序和持续区间，突现检测判断一定时期内快速升温的主题。图谱中节点大小表示频次，连线反映合作或共现关系，年轮颜色对应活跃时间，紫色外圈表示较高的中介中心性。聚类质量依据模块度Q和平均轮廓值S判断。考虑到WoS关键词规范化可能产生语义偏差，聚类标签结合相邻节点和代表性文献进行人工核验。

结果分析

年度发文趋势

如图1所示，2012—2019年仅发表10篇文献，且2013、2014和2017年未出现相关记录，研究总体处于概念探索和零散验证阶段。该阶段的成果主要围绕车路信息交互、路径规划、无线通信和协同安全应用展开，尚未形成稳定的协同感知算法体系。2020—2022年发文量分别为10篇、16篇和33篇，三年累计59篇，说明随着深度学习感知模型、车联网通信和开放仿真平台逐渐成熟，研究开始由通信可行性验证转向多主体数据融合。2023—2025年发文量进一步上升至50篇、83篇和102篇，三年累计235篇，占304篇样本的77.30%，成为文献增长的主要来源。连续增长表明该领域已进入算法密集迭代阶段，研究内容从一般的消息交换扩展至三维目标检测、鸟瞰图表征、通信压缩、位姿补偿和真实数据集评测。图1未纳入2026年记录，以避免将不足一年的统计量与完整年度直接比较。

国家与机构合作格局

国家合作网络见图2（a），包含34个节点和66条连线，网络密度为0.1176，最大连通分量覆盖30个节点。中国节点规模最大，样本文献为187篇，并与美国、加拿大、英国、德国、澳大利亚、新加坡、日本等形成较多合作联系；美国发文57篇，既与中国保持较强连接，也连接加拿大、英国和欧洲部分国家，体现出跨区域桥接作用。总体上，国家网络形成以中国和美国为主要节点、多个国家共同参与的结构。机构合作网络见图2（b），包含179个节点和291条连线，网络密度仅为0.0183，最大连通分量占62%，说明研究机构数量较多，但合作仍集中于若干团队。按文献所属机构全计数，清华大学、同济大学、加州大学系统和中国科学院居于前列，见表2；北京理工大学、北京交通大学、北京邮电大学和北京航空航天大学等也具有较高产出。图2说明发文优势尚未完全转化为高度整合的机构网络，跨团队数据共享和长期联合研究仍需加强。

关键词共现与聚类结构

表1 数据来源与CiteSpace参数

项目	设置
数据库与索引	Web of Science Core Collection；SCI-Expanded
时间范围	2012-2025年
文献类型与语言	Article、Review；English
有效样本	304篇
时间切片	1年
节点类型	Country、Institution、Keyword
筛选参数	g-index，k=25；LRF=2.5；L/N=10；LBY=5；e=1.0
网络裁剪	None

表2 汽车保险政策法规体系

排名	国家/地区	发文量/篇	机构	发文量/篇
1	中国	187	清华大学	17
2	美国	57	同济大学	17
3	加拿大	24	加州大学系统	16
4	英国	16	中国科学院	14
5	德国	16	北京理工大学	12
6	韩国	16	北京交通大学	10
7	澳大利亚	12	北京邮电大学	9
8	新加坡	12	北京航空航天大学	9

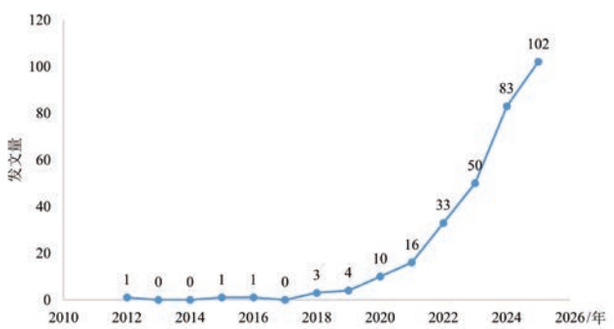


图1 2012—2025年年度发文量变化

关键词共现网络如图3（a）所示，共包含249个节点和865条连线，网络密度为0.028。cooperative perception、autonomous vehicles、feature extraction、object detection、sensor fusion、collective perception、collaborative perception和deep learning

等节点较为突出，表明研究对象、算法环节与应用场景共同构成该领域的概念核心。与传统单车感知相比，协同感知关键词网络中同时出现wireless communication、connected vehicles、point cloud compression、resource management和real-time systems，说明通信链路与计算开销已被纳入感知模型设计，而不再仅作为外部条件处理。图中“three-dimensional displays”来源于WoS关键词规范化，结合其相邻的3-D object detection、laser radar、point cloud compression和feature extraction等节点，应理解为三维表征与三维目标检测，而非一般意义上的显示技术。

图3（b）的模块度Q为0.4816，平均轮廓值S为0.8005，说明网络具有较清晰的模块结构和较高的聚类一致性。#1集体感知主要讨论车辆或路侧单元生成、筛选和广播目标状态信息的机制，相关研究由固定消息周期逐步转向触发控制和内容选择，以降低重复消息负担。#0三维协同感知是规模最大的聚类，聚合了点云压缩、特征提取、激光雷达和三维目标检测等关键词。基础设施传感器可弥补车载传感器在交叉口遮挡和远距离目标上的不足；F-Cooper将特征级点云融合用于网联车辆边缘感知，证明中间特征能够兼顾精度与传输量；V2VNet进一步利用压缩特征开展联合感知与预测，推动协同系统由目标级共享转向可学习的特征交互。

#2 V2X通信构成协同感知的基础支撑，研究重点由“链路是否可用”转向“有限带宽下哪些信息值得传输”。原始点云信息完整但数据量大，目标级结果通信开销低却可能丢失细粒度线索，中间特征成为重要折中方案。OPV2V建立开放基准数据和融合管线，为比较不同通信与融合方式提供可复现实验条件。#5数据关联与#6传感器融合关注坐标转换、时间同步、目标匹配和跨模态对齐。V2X-ViT通过异构多智能体注意力应对异步、位姿误差和主体差异，Where2comm依据空间置信度选择高价值区域进行通信。#7自动驾驶与#8协同驾驶体现感知结果向规划、避碰和协同控制延伸，V2V4Real的真实道路数据推动算法从仿真走向实车评估。这些聚类共同形成通信供给、数据对齐、特征融合、目标理解、驾驶应用的递进关系。

主题演化与研究前沿

图4显示，早期研究主要围绕路径规划、无线通信和自动驾驶应用展开，技术目标偏重车辆协作的可行性与安全收益。2018年前后，集体感知、3D LiDAR和协同避碰逐渐形成连续主题，表明研究开始关注多主体观测信息如何被组织和利用。2020年以后，消息生成、激光雷达、特征融合、协同感知和机器学习等节点密集出现，技术路线由目标级共享向深度特征交互迁移。时间线后段出现协同感知算法、分类模型、适应模型、联邦学习、运



（a）国家合作网络　　（b）机构合作网络

注：采用全计数方式，跨国或跨机构论文可同时计入多个主体。

图2 国家与机构合作网络



（a）关键词共现网络　　（b）关键词聚类网

图3 关键词共现与聚类知识图谱

动预测和车路协同感知等节点，说明研究对象正在从理想通信条件下的感知精度比较，扩展至异步、异构、隐私和跨域部署。整体演化可以概括为三个层次：首先解决多主体信息能否可靠交换，其次研究共享数据如何对齐与融合，进而关注在带宽、时延、定位噪声和场景变化条件下如何保持感知收益。

突现结果见表3。collective perception在2018—2021年突现强度为3.72，是全部关键词中强度最高者，说明标准化集体感知消息和目标共享曾是领域扩张的重要起点；automated driving在2019—2021年持续突现，反映协同信息开始直接服务自动驾驶功能。2020—2022年，congestion control、cooperative perception和feature fusion相继升温，研究重点由信息生成转向网络负载控制与中间特征融合。wireless communication自2021年持续至2025年，持续时间最长，说明低时延、高可靠传输并未因感知算法进步而弱化，反而成为决定协同收益能否实现的长期约束。2023—2025年，3D object detection和machine learning保持突现，其中三维目标检测强度达到3.17，显示点云、鸟瞰图表征和学习型融合已成为当前前沿。结合图3和图4可以发现，最新研究不再单纯追求理想条件下的精度增益，而是逐渐强调通信效率、鲁棒性和真实场景适用性。

讨论

技术演化的内在逻辑

关键词聚类和时间线结果表明，协同感知并非单一算法方向，而是通信、定位、感知和控制共同作用的系统性问题。早期研究借助V2X扩大信息可达范围，其后逐步引入目标级、特征级和原始数据级融合。随着深度学习模型用于三维检测，信息共享的重点由“更多数据”转向“更有价值的数据”，算法开始根据目标显著性、空间置信度和任务需求筛选传输内容。鸟瞰图表征则为不同主体建立统一空间提供便利，使车辆端和路侧端特征能够在相对一致的坐标框架中融合。图3和图4说明，通信策略决定可用信息，感知模型反过来定义数据价值，两者正由串联关系转向面向任务的联合设计。

工程化面临的关键瓶颈

第一，时空一致性仍是协同融合的基础难题。车辆高速运动、网络抖动和传感器采样差异会导致同一目标在不同主体数据中处于不同时间和空间状态，简单坐标变换难以完全消除误差。第二，精度、带宽和计算开销之间存在持续矛盾。原始点云信息充分却不适合大规模实时传输；中间特征具有较高压缩潜力，但其语义依赖模型结构，不同平台之间难以直接互用。第三，现有成果仍较多依赖仿真或有限道路数据，场景和设备覆盖不足，模型在新区域上的性能可能明显下降。第四，协同系统扩大了攻击和隐私泄露入口，异常车辆、伪造目标和错误位姿可能经融合过程被放大。缺少可信节点识别、不确定性评估和故障隔离机制时，局部错误可能演变为系统性误判。

后续研究方向

未来研究可从四个方面推进。其一，建立通信—感知联合评价指标，在检测精度之外同时报告时延、吞吐量、能耗、模型规模和不同丢包率下的性能，使算法比较更接近实际部署。其二，加强异步和异构条件建模，利用运动补偿、概率对齐和不确定性传播处理位姿噪声、传感器差异与时间偏移。其三，推动真实道路数据和统一评测协议建设，形成覆盖车车、车路、不同天气和多类道路的连续数据，并测试跨城市泛化与设备迁移能力。其四，将安全防御嵌入融合流程，通过异常一致性检测、可信权重分配和隐私保护学习提高系统韧性。应用研究还应评估协同感知对规划和控制的实际贡献，避免仅以局部检测指标替代整车安全收益。

研究局限

本研究仍存在一定局限。数据仅来源于WoS核心合集和英文SCI-Expanded文献，未纳入EI会议、中文数据库及行业标准全文，可能低估工程实践和区域性成果；关键词合并和聚类标签规范化包含人工判断，仍可能受到术语差异影响；文献计量揭示的是研究关注和结构关系，不能直接等同于技术性能优劣。后续可结合共被引分析、全文主题模型和专利数据，对算法影响、产业转化及标准演进进行进一步验证。

表3 突现关键词

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2012 - 2025
collective perception	2018	3.72	2018	2021	
automated driving	2019	3.09	2019	2021	
congestion control	2020	1.54	2020	2022	
cooperative perception	2019	3.62	2021	2022	
feature fusion	2021	1.68	2021	2022	
wireless communication	2021	1.5	2021	2025	
3d object detection	2023	3.17	2023	2025	
machine learning	2021	1.4	2023	2025	

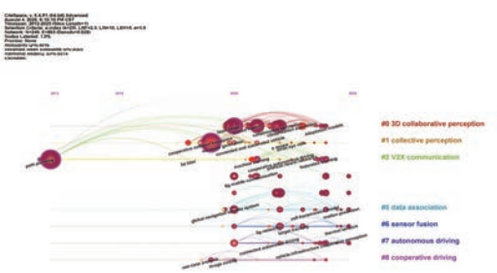


图4 关键词聚类时间线

结论

基于304篇SCI-Expanded文献的CiteSpace分析表明，智能网联汽车协同感知与数据融合研究在2020年后进入加速阶段，2023—2025年形成集中增长。中国在国家合作网络中处于核心位置，清华大学、同济大学、加州大学系统和中国科学院等机构具有较高产出，但机构合作网络仍呈低密度、多中心特征。知识结构以三维协同感知、集体感知、V2X通信、数据关联、传感器融合及自动驾驶应用为主线，构成从多源观测到驾驶决策的技术链条。时间线与突现分析显示，研究前沿已由一般信息共享转向通信高效的特征融合、鸟瞰图建模、三维目标检测和真实场景鲁棒性。未来需要在异步通信、位姿误差、异构传感器、跨域泛化、可信安全与统一评测方面协同推进，使感知精度、资源开销和系统安全能够在同一框架下权衡，推动协同感知走向可验证、可维护和可部署的车路协同系统。

企业环境承诺与员工绿色创造力的关系机制研究
——基于中国新能源汽车制造企业的实证分析

文/李超 Zenedith P. Monang（菲律宾圣路易斯大学）

在“双碳”目标与新能源汽车产业加快绿色转型的背景下，企业环境战略能否有效转化为员工层面的绿色创新行为，成为企业提升可持续竞争力的重要问题。本文以中国新能源汽车制造企业523名技术、研发、质量、环境管理及创新相关岗位员工为研究对象，构建企业环境承诺与员工绿色创造力关系的双重心理作用模型，引入绿色心理授权和绿色组织认同作为中介变量，并考察绿色变革型领导与感知制度压力的调节作用。基于偏最小二乘结构方程模型的分析结果表明：企业环境承诺与员工绿色创造力、绿色心理授权和绿色组织认同均呈显著正向关系；绿色心理授权与绿色组织认同均发挥部分中介作用；绿色变革型领导强化企业环境承诺与员工心理认知之间的正向关系，而较强的感知制度压力会削弱这一关系。研究表明，新能源汽车企业应将环境承诺进一步转化为员工可感知、可参与和可执行的工作资源，通过授权、认同和支持型绿色领导激活员工绿色创造力。

新能源汽车产业兼具技术密集、环境导向与快速迭代等特征，企业绿色发展不仅依赖研发投入和技术路线，也取决于员工能否围绕节能降耗、材料替代、工艺改进、绿色产品设计等问题持续提出新颖且可行的想法。员工绿色创造力由此成为企业绿色战略向具体创新成果转化的重要微观基础。员工绿色创造力的形成既受到个体认知、动机等因素影响，也受到组织情境的共同作用。已有研究还从企业环境战略视角讨论了其如何驱动员工绿色创新行为。但是，企业制定环境目标、增加绿色投入，并不意味着员工必然形成创造性响应。员工对环境承诺真实性、可执行性和自身参与空间的判断不同，外部监管、市场竞争与利益相关者要求也可能改变其对企业绿色战略的理解。因此，有必要进一步从员工心理机制与组织情境两个层面解释企业环境承诺如何与绿色创造力相联系。

企业环境承诺与员工绿色创造力的作用机制

企业环境承诺为绿色创造提供组织信号

企业环境承诺体现企业在环境保护、绿色生产和可持续发展方面的价值取向与资源投入。对于员工而言，环境承诺并非抽象口号，而是通过环境目标、技术投入、培训制度、绩效要求和管理行为形成一组可观察的组织信号。当企业持续投入绿色研发资源、明确环境责任并将环保要求纳入经营流程时，员工更容易判断绿色创新属于组织认可和支持的行为，从而提高主动发现环境问题和提出改进方案的意愿。由此可见，企业环境承诺既可能直接与员工绿色创造力相关，也可能首先改变员工对自身能力、工作意义和组织价值的判断，再进一步作用于创造性行为。

绿色心理授权与绿色组织认同形成双重心理路径

绿色心理授权强调员工在绿色工作中形成意义感、能力感、自主感和影响感。绿色创新具有较强不确定性，需要员工在既有流程之外主动识别问题、提出方案并承担一定试错成本。当员工认为绿色任务有价值，相信自己具备解决环境问题的能力，并拥有一定决策与实践空间时，更愿意投入认知资源开展探索。相关研究表明，绿色变革型领导与员工绿色心理授权显著正相关，并可通过绿色心理授权进一步关联员工绿色建言行为。与之不同，绿色组织认同体现员工将企业环境价值与自身组织身份相联系的程度。当企业绿色战略具有稳定性和可信度时，员工更容易形成“企业的绿色目标与我的工作价值相一致”的判断，并把绿色创新视为维护组织形象和实现个人价值的重要方式。因此，绿色心理授权侧重“我能不能做、有没有空间做”，绿色组织认同侧重“我为什么愿意做、是否认同企业为什么做”，二者共同构成环境承诺与绿色创造力之间的互补心理路径。

绿色领导与制度压力构成重要边界条件

企业层面的环境承诺最终需要通过部门负责人、项目经理和一线管理者转化为员工日常工作体验。绿色变革型领导能够正向预测员工自愿绿色行为，其作用还会受到员工个体特征的影响。

与此同时，新能源汽车企业受到环境监管、产业政策、资本市场、供应链和市场竞争等多重制度压力。已有研究表明，多重制度压力会以不同组合方式影响绿色技术创新效率，环境规制对绿色技术创新的作用也会受到企业数字化转型阶段的调节。当员工主要把绿色行动理解为对外部要求的被动合规，而不是企业自主且持续的战略选择时，其自主性体验和价值认同可能减弱。这意味着领导支持与制度压力可能构成企业环境承诺向员工心理状态转化的重要边界条件。

研究设计与实证结果

样本与分析方法

本文数据来源于中国新能源汽车制造企业员工，研究对象主要来自研发、产品开发、制造工程、质量管理、环境与可持续发展等与技术和创新密切相关的岗位。研究采用目的抽样与滚雪球方式，共发出609份在线问卷邀请，经资格审查和数据质量筛选后获得523份有效问卷。正式调查前对问卷进行专家内容审查，并以55名符合条件的员工进行预测试，各核心变量Cronbach's α均高于0.80。正式数据采用偏最小二乘结构方程模型进行分析，并通过10 000次Bootstrap检验路径显著性。

企业环境承诺与双重心理机制的作用

实证结果显示，企业环境承诺与员工绿色创造力呈显著正向关系，标准化路径系数为0.221；企业环境承诺与绿色心理授权、绿色组织认同的路径系数分别为0.489和0.474，均达到显著水平。这表明，企业环境承诺与员工绿色创造力显著相关，但其与员工心理认知的联系更为突出。进一步分析发现，绿色心理授权与员工绿色创造力的路径系数为0.291，绿色组织认同与员工绿色创造力的路径系数为0.324。企业环境承诺经绿色心理授权与员工绿色创造力形成的间接效应为0.142，95%置信区间为[0.104，0.184]；经绿色组织认同形成的间接效应为0.153，95%置信区间为[0.113，0.197]。两条置信区间均不包含0，且企业环境承诺与绿色创造力之间的直接路径仍显著，说明两类心理机制均呈现互补性的部分中介模式。

从作用机制看，企业环境承诺对绿色创造力的影响并不是简单的“战略提出—员工执行”线性过程，而更像是一个由组织信号进入员工心理认知，再转化为创造性行为的过程。企业即使提出明确的节能减排、绿色制造与可持续发展目标，如果员工无法感知这些目标与自身岗位之间的联系，或者缺少参与决策、试验方案和推动改进的空间，环境承诺仍可能停留在制度层面。相反，当员工能够将企业环境目标理解为与研发、工艺、质量和生产改进直接相关的任务，并认为自身具备提出和实施绿色方案的能力时，环境承诺才更容易转化为实际的绿色创造行为。绿色组织认同则进一步解释了员工为何愿意持续投入：当企业对外的绿色定位、内部资源配置与管理行为保持一致时，员工更容易把企业的环境价值视为组织身份的一部分。

领导与制度压力的调节作用

绿色变革型领导显著增强企业环境承诺与绿色心理授权之间的正向关系，交互项系数为0.223，同时增强企业环境承诺与绿色组织认同之间的正向关系，交互项系数为0.153。这说明，当直接领导持续解释绿色目标、提供创新资源并认可员工环保贡献时，企业层面的环境承诺更容易被员工理解为真实且可执行的组织意图。感知制度压力则表现出相反的调节方向：企业环境承诺与制度压力的交互项对绿色心理授权和绿色组织认同的系数分别为-0.130和-0.122，均达到显著水平。这一结果表明随着员工感受到的外部压力提高，环境承诺向授权与认同转化的强度有所下降。

进一步的条件间接效应分析显示，两条心理路径在不同领导与制度压力组合下均保持正向，但作用强度明显不同。以绿色心理授权为中介时，绿色变革型领导较高且感知制度压力较低条件下的间接效应最强（β=0.245，95%置信区间[0.175，0.310]），而领导较低且制度压力较高时最弱（β=0.040，95%置信区间[0.010，0.084]）；经绿色组织认同形成的间接效应也呈相同趋势，最高为0.242，最低为0.065，相关置信区间均未跨越0。这进一步说明，制度压力的作用主要表现为削弱而非逆转企业环境承诺的积极心理转化。与此同时，PLSpredict结果显示，绿色组织认同、绿色心理授权与员工绿色创造力各指标均具有正向预测相关性，且24个内生指标的预测误差均低于线性模型基准，表明该模型除样本内解释之外还具有一定样本外预测价值。

新能源汽车企业提升员工绿色创造力的管理路径

推动环境承诺由战略表达向工作资源转化

新能源汽车企业应避免将绿色发展停留在愿景、报告和宣传层面，而应把环境目标进一步分解至研发、生产、质量、供应链和项目管理等具体环节。已有研究显示，绿色人力资源管理与企业可持续发展绩效显著相关，员工绿色创新行为在其中发挥中介作用。因此，可针对不同岗位明确可参与的绿色创新任务，并提供数据、预算、培训、实验条件和跨部门协同资源。结合本文结果，可建立绿色改善提案、绿色创新项目和跨部门问题解决机制，使员工清楚理解“企业重视什么”“我能够做什么”以及“提出方案后能够获得哪些支持”，推动环境承诺由高层战略表达转化为一线员工可直接感知的工作资源。

结合新能源汽车行业特点，环境目标还需要与高强度技术迭代和项目节奏相协调。研发周期缩短、成本控制、交付节点和技术竞争往往同时存在，如果企业在原有绩效压力之上简单叠加环保指标，员工可能把绿色任务理解为额外负担，而不是创新机会。因此，企业在设置环境责任时，应同时明确目标结果与可用资源，在保证环境要求刚性的同时，为实现路径保留合理的专业判断空间。例如，在电池生命周期改进、材料替代、能耗优化和生产工艺优化等任务中，可由企业明确需要达到的环境绩效方向，再允许研发和工程人员根据技术条件选择具体方案。

同时强化绿色心理授权与绿色组织认同

企业还应同时强化绿色心理授权和绿色组织认同。碳中和导向人力资源管理研究表明，企业可从能力、动机和参与机会等维度将减碳目标嵌入具体管理实践。对于研发、工程和质量岗位，可适度扩大员工在绿色技术路线、工艺优化和环境改善方案中的参与权，通过项目授权、技术导师、跨部门创新小组和合理容错机制提升员工自主性与影响感。对于组织认同，应保持企业环境承诺与实际行动的一致性，避免一边强调绿色价值，一边在资源配置与绩效评价中只关注短期产量和成本。企业可公开绿色创新成果，表彰员工环保贡献，展示绿色项目对客户、行业和社会的实际价值，使员工将个人专业价值与组织绿色使命联系起来。单纯增加自主权而缺乏价值认同，或只强调使命认同却不给予实际行动空间，都难以持续激发绿色创造。

提升基层管理者的绿色领导传导能力

部门负责人和项目经理是企业环境承诺向员工传递的关键节点。管理者应从“任务下达者”转变为“绿色创新支持者”，在日常工作中解释环境目标与业务目标之间的关系，帮助员工获得必要资源，并对具有合理依据的绿色尝试给予反馈与保护。结合本文调节结果，企业可将绿色领导能力纳入管理者培养和评价体系，不只考核环境指标完成情况，还应关注管理者是否鼓励员工提出新方案、能否协调资源，以及是否营造允许合理试错的创新氛围。

在具体管理工具上，可进一步建立“提出—评估—试验—反馈—推广”的绿色创新闭环。对于员工提出的绿色改进意见，不宜只以是否形成专利、是否立即商业化作为评价标准，还应重视有技术依据的试验、失败后的知识积累、渐进式工艺优化及跨部门知识共享。对于研发、工程、质量与环境管理岗位，可设置小规模试验预算、跨部门技术讨论机制和快速反馈通道，使员工知道建议由谁评估、何时得到反馈以及通过后能够获得何种资源。对一线管理者而言，绿色领导也应落实为具体行为，包括解释环境目标与项目目标的关系、协调必要资源、允许合理试错，并对具有价值但尚未成熟的想法给予持续反馈。

避免将制度压力简单转化为内部加码

外部制度压力具有客观存在性，管理重点并非简单降低压力，而是改善压力进入组织后的传导方式。本文结果提示，与其将外部要求直接转化为内部加码，更应把环保法规、客户要求和产业趋势转化为明确的创新议题。对于必须完成的合规任务，应同步配置时间、技术和人员资源；对于需要员工探索的绿色创新任务，则应保留必要自主空间。通过减少“只压指标、不配资源”的管理方式，可以降低员工把企业环境承诺理解为象征性合规的可能性，使制度要求与内部创新动力形成协同。

从管理实施看，企业需要特别处理环境要求“如何进入日常工作”的问题。具体执行层面，一线主管、研发项目负责人和中层管理者不应只传达环保指标，还应解释环境目标与具体技术问题、流程改进和项目决策之间的联系，并通过建设性反馈、资源协调和合理试错支持，使员工看到绿色建议能够被讨论、试验和落实。对于外部监管、客户要求和行业标准，也不宜简单层层加码，而应配套清晰的实施指引、稳定的评价标准及必要的时间、人员和技术资源。这样既能保持制度要求的约束力，又能减少员工将企业绿色行动理解为单纯合规任务的倾向，从而提升环境承诺的可信度与可行动性。

此外，对制度压力的管理重点不应是弱化环保要求，而是提高外部要求向内部管理转化的质量。监管、客户、供应链和行业标准可以形成必要约束，但如果企业主要通过期限、排名和层层加码传递压力，员工容易把绿色行动理解为短期合规任务。更有效的做法是将外部要求转化为清晰的技术问题和能力建设任务，并配套稳定的评价标准、实施指引和必要资源。企业还可定期了解员工对环境战略的实际感受，判断其是否被理解为真实、可执行并与组织价值一致，从而及时发现内外不一致现象。

结语

基于523名中国新能源汽车制造企业员工的数据，本文发现企业环境承诺与员工绿色创造力存在显著正向关联，并通过绿色心理授权和绿色组织认同形成两条互补心理路径；绿色变革型领导显著强化企业环境承诺与员工心理状态之间的正向关系，而较高的感知制度压力会削弱这一关系。由此可见，新能源汽车企业提升员工绿色创造力的关键，不只是提出更高的环保目标，而是使环境承诺变得可信、可参与和可执行，使员工既拥有开展绿色创新的能力与自主空间，也能够形成对组织绿色价值的认同。本文采用横截面和非概率抽样设计，未来可通过纵向、多层次和跨企业样本进一步检验相关机制。A

基于AI交互的高职汽车课程情境教学实施研究

文/周昕玮（江苏联合职业技术学院常熟分院，江苏省常熟中等专业学校）

教育数字化背景下，AI交互为高职汽车课程情境教学改革提供新路径。本文立足高职汽车专业岗位实践特征，分析了AI交互在动态情境调控、分层学习支架供给方面的赋能作用，以汽车故障诊断任务为教学载体，构建课前学情画像、课中人机协同探究、课后迁移复盘的教学实施路径，并通过平行班对照实践检验教学成效。研究表明，AI交互赋能的情境教学有助于改善学生故障诊断准确率、实操规范性与故障迁移研判能力。

人工智能（AI）作为第四次工业革命核心力量，正推动全球科技创新与产业变革。AI在个性化学习、教育普惠、教学模式重构等方面作用显著，为教育数字化转型提供新可能。近年来，国家高度重视人工智能与教育的深度融合与创新应用，将其视为推动教育现代化、构建高质量教育体系的核心动力。2017年，国务院印发《新一代人工智能发展规划》提出构建智能学习、交互式学习的新型教育体系；2025年，教育部等九部门联合印发《关于加快推进教育数字化的意见》，进一步强调“促进人工智能助力教育变革”，尤其要加强GenAI、大模型等在教育场景中的创新应用，推动课程、教学与评价系统性重构。

高职汽车故障诊断课程以岗位实训为核心，情境教学是落实技能与思维培养的重要手段，但传统情境教学大多依靠课前预设故障案例开展实训，场景参数固定，难以还原汽修现场工况多变的真实特征。同时班级内部学生知识基础、电路识图能力、实操领悟水平存在明显分化，统一化的教学资源难以满足分层学习需求，教学评价更多聚焦最终故障排查结果，对假设迭代、证据校验等推理过程缺少可追溯的载体，容易造成学生机械照搬操作流程，难以真正建立岗位所需的诊断思辨思维。基于此，本文将以汽车故障诊断任务为载体搭建完整教学实施路径，并通过对照实践检验教学效果，为高职汽车专业数字化情境教学改革提供可参考的实践路径。

AI交互对高职汽车课程情境教学的赋能作用

促进情境教学的动态性调控

汽车类课程的情境教学，本质是让学生置身于接近真实修车现场的工况环境当中。可常规实训预设的故障场景数量有限，一旦完成演示，场景参数便不再变动，学生很容易按照固定流程机械完成操作。AI交互能够结合课程讲授节点灵活改写车辆运行状态，依据课堂节奏持续调整负载、温度、信号偏移等底层变量，同步生成与之匹配的数据反馈。学生在交互界面发起试探性操作后，系统会顺着操作行为延伸出新的异常表征，故障链条随之发生自然偏移。课堂情境由此摆脱一成不变的演示脚本，始终保持适度的认知挑战。学生反复比对前后不同工况数据的差异，可慢慢厘清表象故障和底层机械、电气机理之间的关联，技术判断能力在动态变化的场景里稳步沉淀。

强化分层学习支架的精准供给

高职汽车专业学生在知识储备、实操领悟能力等方面存在一定差异，不同学习者面对同一汽车教学情境时，知识缺口、思维卡点各不相同，统一化的教学支撑难以适配全体学生的学习诉求。维果斯基的最近发展区理论指出，学习者存在现有实际能力与潜在发展能力之间的差距，教学应当依托适配的学习支架，引导学习者跨越该差距实现能力进阶。AI交互具备采集学习行为、解析思考路径的能力，可以捕捉学生在情境探究当中的操作习惯、知识疏漏与思维阻滞点，以此为依据生成差异化的学习支持资源。如针对基础较为薄弱的学习者，AI可逐步拆解汽车结构原理、基础检测流程，搭建梯度平缓的认知支架，引导学习者逐步搭建完整的知识逻辑。对于具备一定实操积累的学习者，则缩减基础性提示内容，侧重输出综合性思考线索，促使学习者自主开展故障逻辑推导与方案研判。各类学习支架可伴随学生情境探究全过程动态输出，既不会过度干预学生独立思考，又能够及时填

补学习过程中的认知断层，让不同能力层级的学生都能够在汽车课程情境中获得契合自身发展水平的学习支撑。

基于AI交互的高职汽车课程情境教学实施路径——以“汽车故障诊断”情境教学为例

“汽车故障诊断”是高职汽车类专业培养学生维修思辨能力的核心课程，课程注重岗位情境下的信息采集、逻辑推演与实车验证。为此，教师在该课程教学中，依托AI交互工具搭建起课前学情画像、课中人机协同探究、课后迁移复盘的完整教学链条，将车窗电路解析、故障信息问询、检测方案构建、证据导向的故障研判等核心专业内容嵌入各教学环节，推动不同认知水平的学生在仿真岗位场景中完成专业能力的分层训练。

课前：AI情境预启动与学情诊断画像

学情前置摸排是情境得以有序落地的先行环节，教师需将零散的技术资料转化为可被人机对话调用的结构化素材，避免情境教学过程脱离技术边界。因此，教师在课前依托超星学习通平台搭建专属AI助教，先把目标车型电动车窗维修手册章节、原厂电路图节点标注、熔丝与搭铁点清单、标准电压阈值等资料上传至课程知识库，在后台设置问答边界：客户角色只调用问询语料，学习助手只依据已审技术资料追问，不输出未经核验的故障定论。资料挂载完成后，教师在AI工作台导入三套差异化客户叙事，分别对应间歇性升降卡滞、单侧车窗无响应、开关无动作伴随机舱异响，把可回答范围锁死在现象描述层面。

素材准备就绪后，教师通过学习通向班级推送课前诊断任务，包含电路图识读、供电与信号回路区分、检测点位选择三类小题。学生提交作答，AI助教按教师预设的判读规则记录答题轨迹，生成班级整体分布与个体诊断记录。教师后台看到的最终归为三类画像：第一类能标出主控开关、车身控制单元、升降电机的关键节点，但常把供电异常与信号丢失混为一谈；第二类看得懂标准电压，却难以把车窗卡滞现象反推到具体检测支路；第三类在电路关系和现象转译两端都薄弱，尚不能把客户口述整理成可验证假设。

课中：人机协同的递进式诊断探究

课堂教学主要依托“电动车窗升降失效”这一汽修岗位真实工作情境开展，教师根据课前生成的学情画像实施情境分层适配，把AI交互内嵌于情境任务内部。整个教学将学生置于汽车维修接待的仿真情境之中，以“接车问诊—方案研判—故障排故”的完整岗位工作链条作为教学主线，通过情境约束、任务支架、证据校验三个核心环节，推动不同基础的学生在同一任务情境下完成差异化探究，实现情境体验与专业思维训练同步落地。

利用交互问询明确故障条件

故障诊断情境教学的认知锚点，在于让学生完整浸入售后接车问诊的真实工作链路，而非拿到一份现成的故障工单直接开展拆检。课堂正式开启后，教师依托课前画像为各组投放差异化问诊情境包：面向认知基础偏弱的小组，AI模拟车主反复追加模糊表述，刻意将车窗偶发卡滞与雨刮异响混杂输出；针对已具备电路识图能力的小组，则压缩客户自述信息，仅抛出冷车正常、热车单侧无响应这一碎片化线索。各组学生轮值扮演接车服务顾问，持续向学习通AI客户发起结构化追问，逐层剥离主观感受与可复现工况。AI严格恪守课前划定的应答边界，仅就现象发生频次、挡位状态、操作先后顺序做出有限回应，绝不向对话流中植入任何线路失效暗示。学生在往复问询间隙同步绘制工况线索图谱，将零散口语转译为电压测量、通断核验两类可落地检测诉求。教师定时调取各组对话日志投屏比对，重点纠偏将客户主观感受直接等同于硬件故障的惯性思维，待全部小组完成线索收敛，才将梳理完毕的故障条件卡作为下一轮电路推演的情境准入条件。

通过诊断追问组织检测操作

情境推演向实操环节过渡的关键，是让学生带着工况假设自主搭建检测逻辑。因此，进入实车检测阶段，教师引导各小组比对原厂电动车窗电路拓扑，圈定熔丝、主控开关输出端子、车身控制单元驱动支路与电机搭铁节点，形成初版检测序列提交至AI助教。AI助教会调取教师预置的技术参数库，针对方案中留白的因果链路抛出嵌套式反问，提示强度随课前画像梯度浮动。学生据此调整测量先后次序，经教师现场确认仪器量程与高压隔离规范后，进入实车台架逐点采集真实电压与导通阻值。实测读数登记于实训台账，再回填对话界面接受交叉比对，系统会标记出前后读数相互抵牾的条目。

借助证据反馈修正诊断结论

诊断思维成熟的标志，是学习者能够在证据冲突中主动迭代研判，而非执着于最初形成的直觉推断。因此，教师让学生在仿真维修情境下整合接车问诊记录、电路分析内容、实车检测数据，输出初步故障判定，同时在任务表单中标注得到证实的假设、被实测推翻的假设以及尚未验证的推理方向，提交AI开展证据校验。AI结合学情画像调整反馈深度，全部反馈都围绕“维修报告证据是否充分”这一情境任务展开。推理框架较完整的学生，系统重点指出报告内部证据链的逻辑缺口，提示哪些结论超出现有检测所能支撑的范围；中等层次学生，系统标记检测记录缺失、参数比对疏漏等报告撰写问题；基础薄弱学生，系统提示补充哪些检测项目才能够支撑维修报告中的判断，始终回避直

接输出故障结论。学生接收反馈后返回实训工位补充检测，依据新获取的实测证据修改维修报告，逐条写明判断变更对应的实测依据。教师复核情境任务产出的维修报告，即便故障点位判断正确，若证据链条残缺，也要求学生重新走完情境下的诊断复核流程，强化岗位情境下证据支撑结论的专业意识。

课后：过程数据回溯与迁移拓展反思

同类故障的迁移运用能力，是高职汽车故障诊断情境教学所要培育的核心专业能力。为此，教师在课后从学习通后台调取各组对话轨迹以及维修报告的多轮修订记录，梳理学生在排故过程中普遍存在的搭铁回路校验跳步问题，据此设置参数调整后的变式任务，任务设定为车辆冷态条件下双侧车窗升降迟缓，热机之后主驾车窗出现间歇性失联。教师在后台完成AI助教权限配置，关闭系统自动逻辑追问功能，限定AI仅接收学生针对工况现象的问询，不再输出方案推演、漏洞提示类内容。

任务发布后，教师不再提供诊断方向指引，仅对任务提交格式、归档材料类别作出明确要求。学生调取课中本人的问诊记录、检测表单作为参照，自主完成故障线索梳理、相关电路圈定，在实训台架上开展复测作业，同步归档端子电压实测数据与初步判断草稿。学生遇到技术疑问时，只能向AI发起工况现象类提问，电路分析、检测方案设计环节必须独立完成。

收集全部变式任务作业后，教师以课中原始实训材料为参照开展批阅，重点核查学生是否主动落实搭铁回路校验步骤。教师选取一份完成搭铁阻抗补测的报告投屏，组织学生对照文本比对新旧任务中信号异常表征的异同。学生基于对比结果撰写短札，如实记录两次诊断推演里出现的思维疏漏。

实施效果分析

为验证AI交互在高职汽车课程教学中的实效，教师在所授的两个班级内开展对照教学实践，两个班级的课程学时、实训硬件条件、授课内容与考核标准保持统一，其中，A班42人，采用AI交互赋能的汽车故障诊断情境教学；B班40人，采用传统的汽车情境实训教学模式。教学实施后，教师从任务完成质量、课堂探究行为表现、知识迁移应用水平三个维度，结合课前学情诊断结果、实训作业、学习通交互档案以及课后变式任务成果，对两个班级的学习情况开展对比研判。

故障诊断准确率与检测规范性明显提升

诊断任务完成质量是衡量教学成效最为直观的指标。教师比对两班同一故障诊断任务的前后测数据，A班后测平均得分81.7分，相较于课前学情诊断的62.4分提升19.3分；B班后测平均得分71.9分，较课前63.1分提升8.8分。在车窗电路故障点位判定上，A班判断准确的学生占比86%，B班为69%。检测操作规范性方面，能够严格依照维修手册完成万用表量程选择、测试点位确认的学生占比，A班由课前52%提升至88%，B班仅从51%提升至67%。A班学生不再一味追求快速定位故障部件，工具选用、测点排布等实操细节问题的发生频次显著下降，分层交互支架对实操行为的引导效果得到体现。

课堂探究过程的深度与主动性增强

情境教学成效不能只依靠终结性成绩予以评判，教师调取平台留存的交互日志、实训台账，并结合随堂观察记录完成统计分析。A班学生在故障问询环节人均发起有效结构化追问7.3次，B班为4.1次；能够结合实测数据主动推翻并修正原有故障假设的学生，A班占比74%，B班为52%。课程开展初期，A班因证据链残缺需要返回工位补做检测的学生占比46%，随着情境探究推进该比例下降至21%，而B班同类学生占比始终维持在41%上下。课堂研讨过程中，A班讨论内容不再局限于最终故障结果，更多围绕检测逻辑、证据有效性展开，学生主动提交阶段性方案、开展问题研讨的行为更为普遍。

独立诊断与迁移能力获得实质改善

教师利用课后设置的热态车窗故障变式任务，在收束AI提示权限的条件下，对比考察两班学生脱离辅助工具后的独立诊断能力。统计结果显示，A班79%的学生能够独立完成故障信息采集、电路圈定、台架检测、证据验证的完整流程，B班该比例为54%。A班提交的维修报告中，完整梳理证据链、逐条标注实测判断依据的占比达85%，B班为60%。面对全新工况，主动完成供电回路、信号线路、搭铁点系统性排查的学生，A班占77%，B班仅48%。综合多类材料能够看出，AI交互支撑下的情境教学，既提高了单次实训任务的完成质量，也帮助学生跳出案例固化记忆，逐步建立具备迁移性的故障诊断思维。

结论与展望

综上所述，AI交互赋能高职汽车课程情境教学，能够弥合传统实训与汽修岗位真实工况之间的鸿沟，落实分层化的专业能力培养，助力职业院校培育具备严谨故障研判素养的汽车技术技能人才。随着汽车行业智能化、电动化持续演进，汽修岗位对从业人员逻辑思辨能力的要求会不断提高，后续职业院校应当立足汽修专业岗位需求，持续打磨AI与情境教学的融合模式，完善过程导向的教学评价，让数字化教学工具真正服务于学生岗位综合能力的长效发展。A

课题项目：本文系江苏省职教学会2025-2026年度江苏职业教育研究课题“AI技术支持的高职汽车类课程情境教学研究”（课题编号XHZDB2025017）的结项研究成果。

广告

汽车与配件小程序上线



微信即扫即读，无需下载

汽车专业人士及供应采购商优选的商业信息指南

