

汽车与配件

AUTOMOBILE & PARTS

2026 / 19
第46卷·总第1433期
定价RMB 10元

加码汽车电子赛道 佛瑞亚海拉的 全球视野与中国创新

佛瑞亚海拉全球电子业务负责人兼管理委员会成员

Joerg Weisgerber

高配低价成趋势，
新能源汽车加速配置平权

AI赋能下汽车零部件供应
稳定性的协同机制

整车热管理系统发展趋势
与零部件技术创新

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



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

轻松把握方向，
安全驶向未来！



“合”平台管柱式电动助力转向系统
Column Electrical Power Steering System
(EPS_c)



平行轴式电动助力转向系统
Axial-Parallel Electrical Power Steering
Gear (EPS_a)



单齿轮式电动助力转向系统
Single-Pinion Electrical Power Steering
Gear (EPS_p)



双齿轮式电动助力转向系统
Dual-Pinion Electrical Power Steering Gear
(EPS_d)

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,
Shandong, 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

DXQ - DIGITAL INTELLIGENCE BY DÜRR

FACTORY



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



十月，触摸车市的体温

秋意渐浓，十月的风，带着桂香，也带着车市微妙的体温。“金九银十”仍在，但它的含义已经变了。往年这个时候，是订单集中释放、经销商翘首等客流；而2026年的秋天，我们看到的是另一番景象：新能源渗透率稳居高位，燃油车让利促销，经销商却在库存与价格倒挂之下承压前行。

回望过去几年，中国汽车产业经历前所未有的深度变革：新能源快速渗透，智能化持续落地，产业链加速重构，品牌格局洗牌提速。中国车企从“走出去”迈向“走进来”，汽车与科技、能源、人工智能之间的产业边界日渐交融。

真正的拐点，往往不发生在热闹的发布现场，而发生在行业集体重新理解“价值”的时刻。本月，我们既能看见国庆高速上新能源车充电量同比大增五成以上的真实出行图景，也能看见中国品牌在东南亚、南美、欧洲推进本地化研发、本地化服务、本地化深耕；既能看见端侧大模型、Robotaxi、固态电池不断拓宽技术创新边界，也能看见库存、价格与利润的现实考验，倒逼企业守住战略定力。

所谓车市的体温，不是亮眼的销量数据、热闹的行业热点，而是市场的真实反馈、用户的质朴需求、产业的扎实底气。它藏在每一次技术的落地打磨里，藏在每一款产品的品质深耕里，也藏在产业链日复一日的坚守与精进之中。

产业深耕，正在深刻重塑汽车的产品定义。汽车不再只是“四个轮子加沙发”：它是一套能源系统、一套软件系统、一套供应链系统，是连接城市、道路与生活的出行网络，更是不断迭代进化的智能移动终端。

变化之下，产业发展的规律依然存在。技术创新是推动产业进步的核心动力，产品价值是消费者选择的根本依据，供应链的效率与韧性，是企业竞争的重要基础。真正决定汽车产业未来的，并不是一时的销量高低，而是企业能否在产业变革窗口期，构筑扎实持久的核心能力。

十月的车市温度，是产业回归理性的温度，是深耕实干的温度，是坚守价值的温度。《汽车与配件》将持续见证技术迭代赋能汽车产业，观察企业竞争逻辑重塑，记录中国汽车深度参与全球产业重构的坚定步伐。

这个十月，让我们一起在新的产业周期里，重新理解汽车，也重新理解中国汽车产业的未来。

《汽车与配件》杂志总编辑
2026年10月

VT 2-4 轴类立式车床 高效加工

广告



加工时间短



辅助时间短



装夹时间短

配备2 X 11工位刀塔
4轴加工
实现高效生产率

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

VT 2-4

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10月15日出版（2026 NO.19 第46卷 总第1433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 Wei yuan
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



TruLaser Tube 7000

旗舰机型 —— 全维度绝不妥协

可对外圆 12-290 mm 全规格管材实现极致生产效率，调试与编程工作量降至最低，实现无缝流程集成



1

高动态

包括激光功率高达9kW的
固体激光器以及 RapidCut

2

毫不妥协的品质

全工况灵活适配，
大小工件皆可胜任

3

易于接近

得益于智能光束防护装置和开放式
机床设计

4

稳定可靠

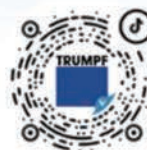
配备从 ObserveLineEdge 到
Condition Monitoring (状态监测) 的各种功能

通快（中国）有限公司

江苏省太仓市经济开发区南京东路68号 邮编 215400

电话 +86 512 5328 7700 传真 +86 512 5328 7751

邮箱 info@cn.trumpf.com 网址 www.trumpf.cn



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

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。

汽车与配件 AUTOMOBILE & PARTS

2026年10月15日出版（2026 NO.19 第46卷 总第1433期）

Address 地址 上海市仙霞路319号远东国际广场A座2311室
Room2311, No.319 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

梅卿传媒集团出品

电视合作伙伴



平面媒体合作伙伴



移动媒体合作伙伴



本刊网络合作伙伴



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





20 高配低价成趋势， 新能源汽车加速配置平权

行业信息 / NEWS

12 吉利与蔚来达成充换电领域全面战略合作

封面 / COVER

16 加码汽车电子赛道，
佛瑞亚海拉的全球视野与中国创新

卿谈 / CONNECTIONS

20 高配低价成趋势，新能源汽车加速配置平权

研究 / RESEARCH

22 中国汽车产业AI转型路径

24 AI赋能下汽车零部件供应稳定性的协同机制
——以广东汽车供应链为例

新能源 / NEW ENERGY

27 让上亿辆电动车成为电网“充电宝”

足迹 / FOOTPRINT

28 从产品出海到生态出海：
中国汽车全球化的“体系竞争”时代

——来自AIAG、车贝健、东风本田零部件、冠盛股份、
理想汽车、泰案联的出海观察

观点 / VIEW POINT

33 真正的全球化不是看进入了多少国家，
而是能否在当地持续创造价值

34 燃油车长期质量压力有所缓和，
设计类问题成波动主因



24 AI赋能下汽车零部件供应稳定性的协同机制



28 从产品出海到生态出海：中国汽车全球化的“体系竞争”时代



36 一个窗口，全线输出：博格华纳2026经销商大会传递了哪些信息？

热点 / HOT SPOT

- 36 一个窗口，全线输出：
博格华纳2026经销商大会传递了哪些信息？

行业 / INDUSTRY

- 38 Micro-LED技术在汽车照明领域的应用
42 某纯电动汽车电驱动系统NVH测试及分析
44 整车热管理系统发展趋势与零部件技术创新

政策 / POLICY

- 46 商务部、工业和信息化部、市场监管总局联合发布
《汽车行业境外竞争行为与合规建设指引》
47 我国将实施汽车标准提升专项行动

企业 / ENTERPRISE

- 48 资本实体共建聚合智能开放产业生态

设计 / DESIGN

- 49 智能网联汽车宽体复合环境模拟系统设计
54 基于博弈论的新能源汽车停车问题研究
57 汽车钢管捆扎及转运一体式设备关键部件设计与疲劳寿命研究
60 应用型人才培养途径与评价创新研究
——以内燃机配套产业为例
63 产教融合视域下高职汽车专业英语教学改革与实践研究
66 高职汽车专业英语活页教材的任务型学习设计与实施
69 职业本科通用英语新形态教材的开发路径与实践探索
——以《大学英语》（汽车方向）为例

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 通快（中国）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

吉利与蔚来达成充换电领域全面战略合作

2026年9月28日，浙江吉利控股集团有限公司（以下简称“吉利控股集团”）与蔚来控股有限公司（以下简称“蔚来公司”）达成充换电领域全面战略合作。双方达成技术、运营、资本全方面合作共识，将联合投资双方充换电业务主体公司，共享充换电技术与标准，共建充换电服务网络，共同探索中国汽车产业开放协同、合作共赢的全新范式。

根据双方达成的协议，在智能充电领域，蔚来公司将入股吉利控股集团旗下浩瀚能源，交易完成后蔚来公司将持有浩瀚能源10%股权，双方充电资源将全面互联互通，共同提升充电网络的覆盖能力和运营效率。

在换电领域，吉利控股集团将以其持有的易易互联100%股权及现金6.4亿元入股蔚来能源，交易完成后，吉利控股集团将持有蔚来能源30%股权，易易互联营运车辆换电业务将并入蔚来能源，蔚来能源将持续提升营运车辆换电网络的运营，赋能易易互联营运车辆业务；双方将共建统一的C端换电技术和标准，吉利控股集团将开发面向C端的换电车型，蔚来能源将为吉利控股集团C端换电车型提供服务。



立讯精密100%控股京西智行

2026年10月9日，京西智行控股方张家口产业投资控股集团有限公司在上海成功将京西智行股份交割至立



讯精密，三方共同宣布立讯精密收购并100%控股京西智行。由此，京西智行实现全面融合汽车底盘业务，覆盖悬架、制动和转向三大系统。

立讯精密与京西智行的融合，夯实了公司智能底盘科技一级供应商的综合竞争优势与系统集成能力。融合后，公司在中国、欧洲、北美洲、南美洲四大核心汽车产区内，共设有8个技术研发中心、7座生产基地及2处试车场。

作为全球唯一实现磁流变悬架量产的企业，京西智行第四代MagneRide®磁流变减震器具备每秒1000次调节能力，搭载于深蓝L06等车型，年产能达200万支。在制动系统领域，电子机械制动系统（EMB）支持L3及以上自动驾驶，业务覆盖十多个国家和地区，客户涵盖兰博基尼、法拉利、保时捷、奔驰、宝马、比亚迪等50余家汽车制造商。

中国一汽、丰田汽车、广汽集团签署全新战略合作框架协议

2026年10月8日，中国一汽、丰田汽车、广汽集团在广州举行全新战略合作框架协议签约活动。

自2002年中国一汽与丰田汽车达成全面战略合作协议、2004年广汽集团与丰田汽车成立合资公司以来，中国一汽、丰田汽车、广汽集团以一汽丰田汽车有限公司（以下简称“一汽丰田”）和广汽丰田汽车有限公司（以下简称“广汽丰田”）两家企业为载体，在研发、生产、销售、服务等方面开展合作，目前两家合资公司在中国市场已累计拥有超2356万名用户。

日前，中国一汽与广汽工业已签署战

略合作框架协议。后续，双方将依托资产资本联动，以科技创新为驱动力，逐步深化拓展合作边界，推动产业资源跨区域高效协同，携手实现经营基盘的强化和企业价值的向上。在这一背景下，中国一汽、丰田汽车、广汽集团经友好协商，决定建立全新的三方战略合作框架，推动合资事业持续健康发展。

经三方共同协商，广汽集团拟通过发行股份方式购买中国一汽持有的一汽丰田50%股权。交易完成后，一汽丰田仍将作为独立运营主体存续，中国一汽将成为广汽集团重要战略股东。下一阶段，一汽丰

田与广汽丰田将共同肩负合资企业研发、采购、生产、销售等职能。此次合作既是中国一汽与广汽集团深化合作的重要组成部分，也将进一步巩固中国一汽、丰田汽车、广汽集团的长期合作关系。



耐世特柳州新工厂正式开业

耐世特汽车系统（柳州）有限公司新工厂近日正式开业。

自2015年落户柳州以来，耐世特持续深耕本土发展，仅柳州基地累计生产的转向系统产品已突破1200万套。

随着汽车产业加速迈向电动化、智能化和软件定义汽车，客户对产品、制造与交付能力提出了更高要求。此次新工厂正式启用，标志着耐世特在柳州进一步升级



智能制造与供应链协同能力，也将为满足国内外客户不断增长的需求、拓展东南亚等海外市场提供有力支撑，为区域汽车产业高质量发展注入新动能。

新工厂占地面积超过4万m²，配备现代化生产设施、研发实验区域、测试跑道及员工中心等完善配套，将围绕管柱式电动助力转向系统、机械转向器、电机控制器模块、控制器、马达及相关配套零部件等核心产品开展生产。

随着相关生产与运营迁移至新工厂，依托数字化、自动化及精益化运营模式，耐世特将进一步提升生产效率、产品质量和客户响应能力，为先进转向系统和运动控制产品的持续创新与规模化制造提供坚实支撑。

OPmobility签署协议收购现代摩比斯照明业务

OPmobility与现代摩比斯达成最终协议，以6000亿韩元的企业估值，全资收购后者照明业务。本次收购进一步强化了OPmobility的照明业务，提升其在快速变革的移动出行领域中的竞争力。同时，交易契合OPmobility的多元化发展战略，并增强集团的产品组合、客户资源及区域市



场布局。

现代摩比斯照明业务2025年实现营收2.5万亿韩元，营业利润率为正。该业务在韩国、中国、墨西哥和捷克共有5座工厂。

本次收购将扩大OPmobility照明业务的经营规模、技术储备、客户覆盖与全球运营版图。相关业务并入集团，将成为提升现有照明业务经营业绩的重要举措。预计本次收购不会对集团降杠杆战略产生重大影响。

本次交易预计于2027年下半年完成交割，尚需通过反垄断审查及相关监管审批。

赛力斯与宁德时代签署长期战略合作协议

2026年10月10日，赛力斯集团与宁德时代在重庆签署长期战略合作深化协议。

根据协议，双方将围绕电池安全、产业链协同、全球生态合作等领域深化战略合作，进一步筑牢长期互信的战略伙伴关系。

问界品牌自创立以来，全系车型均搭载宁德时代电池，截至目前累计交付已突破120万辆。以此为新起点，问界将继续长期全系搭载宁德时代电池，双方将围绕三大核心领域全面深化战略协同。

扩建“厂中厂”产能：加速赛力斯超级工厂“厂中厂”二期建设，二期年规划产能10~12 GWh，建成后一、二期总产能将超20 GWh。双方将通过集聚化生产提升供应链韧性与竞争力，助力重庆打造万亿级高端智能网联新能源汽车产业集群。

构建超充补能生态：围绕超充网络与电池服务展开合作，打造覆盖全生命周期的服务体系，升级车主出行体验。

加速全球化布局：联合开拓欧洲、中东及中亚等海外市场，将优质产品与服务推向全球，树立新能源智造出海新标杆。



欧摩威全新制动系统斩获首个量产订单

欧摩威集团正式发布新一代电液制动产品——分布式制动系统，该系统在实现紧凑化设计的同时，进一步提升了制动性能。目前，该产品已获得一家中国头部汽车制造商的首个量产项目定点，预计于2027年年底启动量产。



这款分布式制动系统融合了先进MK C系列集成式制动系统与电子稳定控制（ESC）系统的优势，实现从制动踏板到安全冗余制动功能的全电子化控制，并基于现代电子电气（E/E）架构打造。该设计使执行器进一步实现小型化和轻量化，不仅为整车释放出更多安装空间，例如支持搭载更大容量的高压电池，同时也为执行器在整车中的灵活布置提供了更大的自由度。与此同时，相较于现有集成式制动系统，分布式制动系统在性能、能效和空间利用率等方面实现进一步提升，尤其适用于高阶自动驾驶等对制动能力和功能安全要求较高的应用场景。

罗森伯格扩大常州投资

近期，罗森伯格汽车高速连接器和数据中心高端光纤连接器及线缆组件项目签约仪式在常州高新区举行。

本次新增投资将主要用于拓展常州智慧新工厂数据中心光纤通信业务，并进一步提升汽车电子高速连接器的本地研发能力、制造能力和业务规模。此次签约标志着罗森伯格在常州的布局从“制造落地”迈向“研发深度本地化”，也意味着其亚太战略正从“在中国，为中国”走向“为中国设计、向全球输出”。

按照规划，常州智慧新工厂将整合德国总部近70年技术积淀、本地技术积累以及全球市场需求，着力增强和提升本地研发能力，实现全球技术团队联动，服务全球。新增投资落地后，工厂将进一步完善汽车高速连接器、数据中心光纤连接器及线缆组件等高端产品体系，并整合全自动化生产线、综合实验室、智能仓储与数字化管理系统，完善区域全产业链产业配套。



武汉奥托立夫技术中心正式开业

近期，武汉奥托立夫技术中心正式开业。作为奥托立夫在华重要研发中心之一，武汉技术中心的启用标志着公司在中国研发创新布局迈上新台阶，也展现了奥托立夫持续深耕中国市场、推动汽车安全技术创新的坚定承诺。

当前，中国汽车产业正加速向电动化、智能化方向发展，并持续引领全球创新趋势。依托武汉丰富的人才资源、完善的产业基础和活跃的创新生态，武汉技术中心将进一步加强奥托立夫与客户的技术合作，提升产品开发效率，加快创新成果落地。

奥托立夫全球执行副总裁兼首席技术官Fabien Dumont表示：“中国不仅是全球最重要的汽车市场之一，也是汽车创新最活跃的地区之一。客户正以前所未有的速度采用新技术并推动创新成果落地。武汉技术中心进一步增强了我们的创新研发网络，连接全球各区域的专业资源，并帮助我们以更高效率为全球客户提供创新的安全解决方案。”

武汉技术中心落户武汉东西湖区，涵盖研发办公区、先进实验室、高效仓储及工装样件室等功能区域，形成集研发、验证与协同创新于一体的现代化研发基地。

其业务涵盖汽车安全零部件研发、虚拟仿真、试验验证及系统集成，服务国内及全球汽车客户。



英飞凌与联电创新应用中心（重庆）揭牌

英飞凌科技与联合汽车电子（以下简称“联电”）于联电重庆分公司举行了创新应用中心（重庆）揭牌仪式，并成功举办了“英飞凌与联电技术交流日”活动。

2026年是英飞凌创新应用中心在联电上海总部成立十周年，此次重庆分公司的落成代表了联电与英飞凌跨域协同的合作新起点。未来，双方将进一步把半导体技术的深厚积累与系统设计的丰富经验融入早期阶段，精准对接主机厂需求，持续输出可量产、高可靠的汽车电子解决方案，在供应链韧性建设和新一代电子电气架构的搭建上持续发力。

同时在技术交流活动中，双方围绕汽车电子前沿技术展开深度对话，重点探讨了下一代整车架构搭建、相关器件本土推广、新一代 AURIX™ TC4x MCU 嵌入式控

制核心重构、车载充电平台化设计提升、48 V整车架构全栈电源等多个前沿领域。针对数字化平台拓展的创新应用交流，也为进一步压缩电控、域控类产品验证周期、提升项目交付稳定性提供了可行路径。双方分享了相关元器件本土适配的经验，并达成了“在中国、为中国”的合作协同。



航盛与恩智浦成立联合技术创新实验室

深圳市航盛电子股份有限公司（以下简称“航盛”）与恩智浦半导体成立联合创新实验室签约暨联合创新实验室揭牌仪式在深圳顺利举行。

航盛与恩智浦拥有超过三十年的合作基础，2026年4月，双方签署 MoU 2.0，达成系统级协同的战略共识。本次联合技术创新实验室的成立，标志着双方合作从战略规划迈向项目落地阶段。在“AI定义汽车”加速演进的背景下，该实验室将聚焦智能座舱、软件定义汽车及AI创新应用等关键方向，加速智能汽车创新成果从概念验证迈向规模化应用。

依托联合技术创新实验室，双方将围绕多个重点方向开展协同创新。在智能座舱领域，双方将基于恩智浦i.MX 9平台及恩智浦无线连接等产品组合，推动系统级方案在多个客户项目中实现应用；在软件定义汽车领域，双方将围绕恩智浦CoreRide平台和S32K5汽车微控制器开展软件定义平台联合研发、预研验证及POC设计，推动下一代电子电气架构落地；同时，双方将重点推进AI边缘计算等创新平台的开发和市场应用，探索汽车场景深度融合AI的更多可能。未来，双方还将围绕端侧AI、具身智能及软件生态融合等方向持续开展探索与合作。

汉高与中创新航深化战略合作，共建电池创新中心

汉高与中创新航（CALB）已签署战略合作理解备忘录，并在中国常州共同启用电池创新中心。双方将结合汉高在先进材料与应用领域的专长，以及中创新航在电池开发与中试生产方面的能力，推动更安全、更高性能、更加可持续的电池技术加快走向市场。



该电池创新中心位于中创新航常州金坛区中试生产基地，该地区是重要的电池产业集聚区。中心面积约400 m²，于2026年9月29日正式启用。中心设有综合实验室并具备应用工程能力，联合团队将在此开发并表征先进材料、优化应用工艺、进行性能仿真，并在贴近电池制造及终端应用需求的条件下验证解决方案。

在为期三年的合作框架下，汉高与中创新航计划汇聚材料开发、电芯设计、应用测试与规模化生产等领域的专家，共同推进高性能、高安全性、低碳化及可持续的电池技术。合作初期将聚焦新能源汽车电池用粘合剂技术及应用解决方案。



左：佛瑞亚海拉全球电子业务负责人兼管理委员会成员 Joerg Weisgerber

加码汽车电子赛道， 佛瑞亚海拉的全球视野与中国创新

文/高驰

深耕汽车电子领域多年，佛瑞亚海拉已建立起丰富的汽车电子产品阵营，在集团IGNITE战略中被视为重要的“增长型”事业群，展现了出色的盈利能力。进入中国市场三十年来，佛瑞亚海拉电子事业部始终扎根本土、聚焦市场核心需求，不断深化中国战略。

智能化时代，汽车技术的核心底座是什么？遍布整车的电子系统，无疑是不可或缺的关键支撑。无论是电气化的深入、辅助驾驶的普及，还是智能座舱功能的涌现，都需要以汽车电子作为全新“智能终端”的基础。

据相关市场研究预测，2030年全球汽车电子市场规模将跃升至4759.7亿美元，复合年增长率（CAGR）高达8.6%。单车的汽车电子成本也从过去的数千元突破至万元，跃升为当代整车的核心价值增长点之一。

看准这一广阔的增长潜力，众多零部件供应商纷纷加码布局，佛瑞亚海拉便是其中之一。

“全球汽车电子市场正处于高速增长期，这为我们这类聚焦汽车电子的企业提供了绝佳的发展土壤。”佛瑞亚海拉全球电子业务负责人兼管理委员会成员Joerg Weisgerber在接受本刊记者采访时谈道。

机遇之下，市场竞争也日趋激烈。未来，佛瑞亚海拉电子将如何提升竞争力并保持业绩增长、哪些技术方向是今后的重点、中国市场在全球战略中有何重要意义？围绕这些问题，Joerg Weisgerber作了详细解答。

聚焦未来，在高价值赛道中锚定增长曲线

深耕汽车电子领域多年，佛瑞亚海拉已建立起丰富的汽车电子产品阵营，涵盖能源管理、智能辅助驾驶、传感器和执行器、车身电子和车灯电子等领域。2026年，电子事业部首次成为佛瑞亚海拉规模最大的事业部，也是整个佛瑞亚集团极为重视的业务板块，在集团IGNITE战略中被视为重要的“增长型”事业群，展现了不俗的盈利能力。

然而，在技术迭代快且竞争激烈的汽车电子市场，想要实现持续增长并不容易。对此，Joerg Weisgerber表示，电子事业部将在高价值产品领域，进一步探索增长机会。

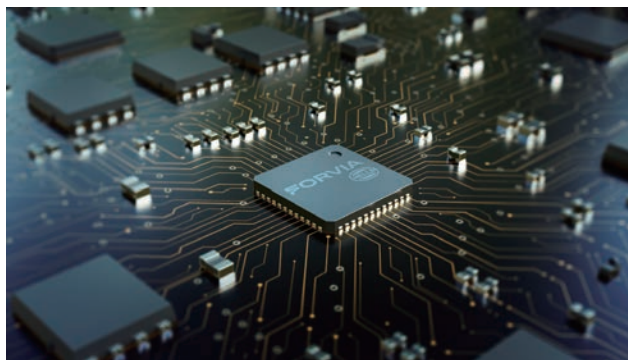
软件定义汽车所带来的电子电气架构变革、电动化趋势等，正成为佛瑞亚海拉电子面向未来重点发力的几大赛道。

“在下一个竞争周期，取得盈利的关键，在于能否占据核心价值环节并证明不可替代性。佛瑞亚海拉将坚持精准布局，深耕自身具备独特竞争优势的技术方向。”Joerg Weisgerber阐述了公司在汽车电子领域的发展愿景。

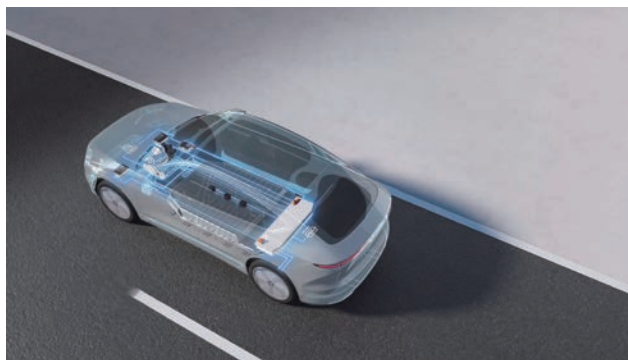
例如，软件定义汽车正在重构汽车供应链，为响应由此而带来的电子电气架构变革，佛瑞亚海拉将发力区域架构下的数据分发和智能配电两大核心场景，重点布局区域控制电子，以及搭载智能电子保险丝的配电系统赛道。佛瑞亚海拉还专门定制开发了专用ASIC芯片，为这套技术路线提供底层支撑。

佛瑞亚海拉在2025年中旬量产了全球首款配置电子保险丝（eFuse）的智能配电模块（iPDM），将车辆供电安全提升到新的水平。据佛瑞亚海拉预估，使用电子保险丝（eFuse）的情况下整车线束重量可减轻多达25%，真正意义上为主机厂客户实现了降本增效。除了智能配电模块外，佛瑞亚还将在2028年为客户量产搭载更加前沿的电子保险丝iConF的区域控制器。

凭借该高度集成的产品解决方案，佛瑞亚海拉将成为全球首家将电子保险丝与专门设计的专用集成电路（ASIC）芯片和



佛瑞亚海拉电子保险丝（eFuse）解决方案 iConF



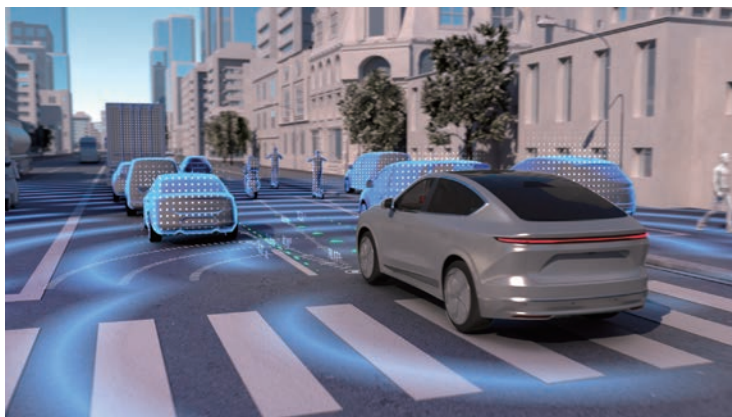
佛瑞亚海拉能源管理系统与功率电子



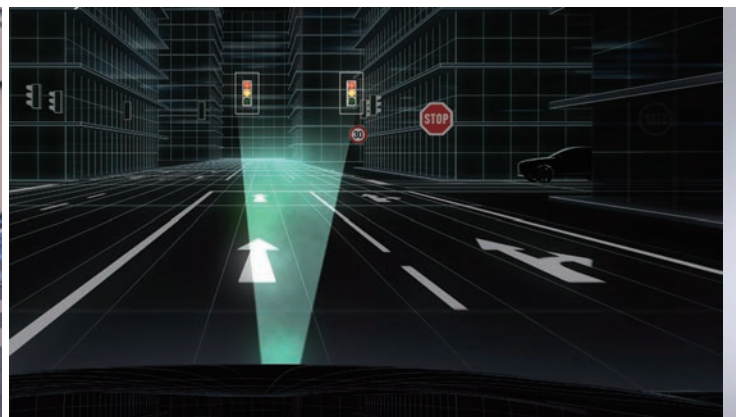
佛瑞亚海拉新一代智能电池传感器

智能控制软件相结合的汽车零部件供应商，不仅进一步减少了安装空间，还降低了对外围组件的要求，并实现了智能数据采集和处理。

谈及电动化，Joerg Weisgerber认为，现阶段汽车行业的电动化转型涵盖纯电动、混动、增程等多条并行的技术路线，对电压平台的需求不尽相同。对此，佛瑞亚海拉有着深刻的理解，推出了面向电动化的功率电子和能源管理解决方案，包含高压、低



佛瑞亚海拉ForWave7e雷达产品能够以极其经济的方式实现智能辅助驾驶功能



“Ignite by FORVIA HELLA” 作为概念创新推出的“交通规则引擎”

压功率电子及系统解决方案产品。凭借在这一领域深厚的技术积淀，佛瑞亚海拉能够根据市场需求，以最快速度将成熟产品量产交付。

2026年，佛瑞亚海拉在电动化领域获得重大突破，多个创新产品投入量产，如：能提供可靠应急供电的碰撞电源模块、能够对电池状态进行实时监测的新一代智能电池传感器（IBS）等。

加速创新，打造兼具前瞻性和性价比的领先技术

随着“技术平权”成为大势所趋，越来越多以往在高端车型上的前沿功能，已经下沉至中低端车型，例如L2辅助驾驶、5C超充等。当然，这也意味着主机厂今后将更重视降本增效。对于汽车电子供应商来说，技术创新必须考虑更多因素，要在性能、成本与量产落地之间找到平衡，实现兼顾前瞻性和性价比的有效创新。

“佛瑞亚海拉的成功逻辑十分清晰：坚持技术创新，持续打造差异化的产品。这种创新不仅仅是堆砌性能。近年来，公司致力于推行‘智惠创新’的理念，力争打通从高性能旗舰产品到高性价比主流产品的完整布局，找到性能与成本的黄金平衡点。” Joerg Weisgerber解释道。

智惠创新，顾名思义，就是以智慧的技术方案实现普惠的落地价值。现阶段，佛瑞亚海拉已经将这种适应汽车行业现状的创新理念，融入到汽车电子产品的开发全流程中。

举例而言，随着高阶辅助驾驶持续落地，行业对感知精度、可靠性与系统集成度的要求正在快速提升。而近年来中国市场的

崛起，推动行业转向“高性价比创新”，成本可控性成为核心考量之一。

围绕这一需求，佛瑞亚海拉不断完善其模块化、可灵活扩展的雷达产品矩阵。从高性价比的ForWave7e 77GHz雷达，到高精度的ForWave7HD雷达，佛瑞亚海拉可帮助客户为不同车型定位与应用场景，精准匹配适配的性能与成本方案。

Joerg Weisgerber认为，佛瑞亚海拉在汽车电子市场的制胜之道，在于其极致的灵活性，能够量身定制交付客户所需的产品和技术。公司既可提供完整零部件，也能软硬分离，单独提供硬件或软件；若客户有需求，还可开发集成度更高的系统级解决方案。

除了深耕硬件产品之外，佛瑞亚海拉也在软件方面取得新的进展。据介绍，佛瑞亚海拉于2025年成立了独立的软件业务板块。该部门完全聚焦软件类产品开发，业务边界覆盖全行业场景，能够支持佛瑞亚海拉不同业务板块加速创新步伐。

从汽车电子业务的角度来看，全新的软件部门无疑将为佛瑞亚海拉汽车电子产品的创新提供更多动能。比如软件部门正在开发的交通标志识别引擎，专门针对不同区域的本土交通标志法规做适配，将作为智能辅助驾驶的核心服务模块落地，未来能与电子事业部形成极强的互补协同效应。

激发潜能，从本土落地到赋能全球

在全球汽车转型浪潮中，中国无疑走在了时代前沿，并已成为全球规模最大、迭代速度最快的智能电动汽车市场。众多零部



佛瑞亚海拉12伏锂离子电池包

件供应商深知“赢在中国，致胜全球”的重要性，佛瑞亚海拉自然也不例外。

“中国汽车市场已成为全球汽车行业创新最活跃、响应速度最敏捷的引领性市场。扎根本土市场三十余年，佛瑞亚海拉深悉贴近本土客户、扎根本土产业生态至关重要，这能让我们精准聚焦真正的市场核心需求，在客户协同、技术迭代、需求响应上实现极高的敏捷性。”

在Joerg Weisgerber看来，过去5~6年，佛瑞亚海拉在中国本土完成了关键的模式跃迁，成功打破了跨国零部件供应商定价高、响应慢的传统刻板印象。从落地应用成熟产品，到迭代优化现有产品，再到完全自定义全新产品，佛瑞亚海拉本土能力质变的背后，离不开本土团队的一步步耕耘。

研发实力的不断成熟，为佛瑞亚海拉在中国的自主创新打下了基础。目前，佛瑞亚海拉在华拥有三大研发中心，分别位于上海、南京与厦门，均有着全面的工程研发能力。

当然，若想完全激发中国市场潜能，仅仅扩充人员规模、提升团队能力还不够，而是要把完整的全链路产品权责落地到本土市场，这意味着佛瑞亚海拉越来越多业务的主导权将迁移至中国，通过中国研发团队引领全球产品的研发，达成“在中国，为中国，赋能全球”的战略主张。

从创新成果来看，如今佛瑞亚海拉已推出了大量极具中国本土特色的汽车电子创新产品。例如，由中国本土团队研发的12伏锂离子电池包，专为纯电和混动车型打造，集成锂离子电池芯和电池管理系统，搭载前沿的多维算法，可精准采集电流、

“”

佛瑞亚海拉在中国本土完成了关键的模式跃迁，成功打破了跨国零部件供应商定价高、响应慢的传统刻板印象。佛瑞亚海拉也正将中国跑通的这套快速决策、本土决策、精准决策的方法论，逐步向全球其他区域复制推广。

电压、温度等核心参数，又利用提升车辆低压供电的稳定性和智能程度。目前该产品已获数亿欧元级的量产订单，即将在中国正式启动量产。

Joerg Weisgerber特别提到，佛瑞亚海拉正在将中国跑通的这套快速决策、本土决策、精准决策的方法论，逐步向全球其它区域复制推广。

值得一提的是，随着国内汽车市场趋于饱和，中国汽车制造商正加快海外扩张步伐。作为一家在全球拥有广泛布局的国际性企业，佛瑞亚海拉希望为中国车企的出海之路保驾护航。

基于这一愿景，佛瑞亚海拉期望把中国本土的高效研发能力，与其成熟的全球制造布局及国际专业积淀相结合，在与中国客户的合作模式上，探索更多可能性。

写在最后

作为佛瑞亚海拉当前最大的业务板块，电子事业部无疑是公司发展的核心引擎，也是业务增长的关键驱动力。多年来，该事业部业绩表现不俗；从已获订单和技术领先性来看，未来增长潜力依然广阔，在最具创新活力的中国市场尤其如此。佛瑞亚海拉“在中国，为中国，赋能全球”的愿景，正从战略主张走向一个个成功的落地案例。

正如Joerg Weisgerber所言，雄厚的工程研发实力、稳定的产品质量和可靠性、持续的卓越运营水平、高效的项目落地执行力，是根植于佛瑞亚海拉的企业基因，也是其在激烈的市场竞争中站稳脚跟的核心底气。A

高配低价成趋势，新能源汽车加速配置平权

文/梅卿

以往消费者选车存在固定认知：高端智能、长续驶、安全配置只属于豪华车型，平价家用车普遍伴随减配、功能缩水。随着国内产业链成熟、规模化量产落地，叠加行业充分竞争，2026年新能源市场正在扭转这一局面。激光雷达、高阶智驾、快充等曾经的高端专属配置持续下放，高配低价成为行业重要趋势，各价位车型配置短板大幅补齐，消费者得以用亲民的价格，买到智能、续驶、安全兼备的优质新能源车。

配置深度下放，2026年新能源车高配普惠稳步推进

2026年新能源市场高配车型的覆盖范围正在快速扩大，从5万元级代步车，到10万~15万元主流家用车，再到20万元级中端旗舰车，均能找到配置丰富、价格亲民的车型。

以往5万元级车型仅能满足基础代步，缺少智能配置、续驶偏低、做工简陋。而2026年入门新能源车型明显升级，兼顾实用性与科技感。

10万~15万元是家用车核心价位段，也是2026年新能源高配低价竞争的主战场。众多车企将旗舰车型的续驶、智驾、动力配置加快下放，打造出综合产品力较强的家用车型。10万元级家用车型，已普遍搭载曾经中高端车型专属的智能辅助驾驶、高清大屏、自动泊车等核心配置。

以往20万元级以上才能拥有的高性能、豪华配置，如今15万元级即可落地，动力、续驶、舒适性表现明显越级。

2026年主流新能源车型核心硬件标配率大幅提升，功能配置更贴合家用刚需、实用性更强。智能座舱方面，高端芯片、高清大屏、全域语音交互等配置，不再是顶配专属，10万元级车型逐步普及。

智能驾驶方面，激光雷达、全速自适应巡航、车道保持、自动泊车等智能驾驶辅助配置，逐步下放至十几万元级车型，部分6万元级高配车型，已搭载基础智能驾驶辅助功能，为更多消费者提供主动安全辅助。

续驶与补能方面，主流家用车官方续驶普遍达到500 km，入门价位车型的高配版本续驶普遍突破400 km，快充、超充等补能技术逐步下放，一定程度缓解了新能源车续驶短、补能慢的传统短板。

动力与安全方面，后置后驱、高功率电机、车身稳定控制系统、多气囊安全防护等配置，在越来越多车型上实现标配。

高配低价的核心成因：产业链成熟与市场竞争双向赋能

新能源汽车实现高配低价，主要依托产业链国产化、技术快速迭代以及市场充分竞争三大条件，多重利好叠加，支撑车企落地“加量不加价”的产品策略。

汽车行业经过多年高速发展，动力电池、激光雷达、高算力智能芯片、高精度车载传感器等核心零部件产业链已实现国产化、规模化量产，大幅降低对海外高价供货与技术垄断的依赖。上游原材料技术突破、中游厂商产能扩张、下游整车厂整合优化，搭建起完整的低成本供应链体系。硬件量产规模扩大带动单件成本下降，车企有条件搭载更多高端配置，为高配低价打下产业根基。

国内新能源汽车市场竞争进入白热化阶段，行业从增量扩张转向存量竞争。消费者购车需求从“有没有”转向“好不好”，增配不涨价、高配平价成为车企主流竞争思路。传统燃油车常依托品牌溢价，依靠配置分层实现盈利；不少新能源自主品牌选择以高配路线打造市场口碑，提升用户全场景出行体验。各大自主品牌发力抢占家用主流市场，压缩产品溢价，依靠丰富的智能配置强化整车实力，打造差异化竞争力。

硬件之外，技术方案不断迭代进一步推动高配普及。车企打磨算法，在维持甚至提升智驾、座舱体验的同时，降低整车智能化落地成本，不再一味堆砌高端硬件，依靠精简高效的技术方案保障出行体验，让平价车型搭载曾经高端车型专属的智能算法，



随着智能硬件成本持续下探，行业正逐步摆脱单纯的价格内卷，迈向技术、品质、服务并行的全方位价值竞争阶段。

打破“平价车必然是简配车”的固有认知。这套自主可控的本土供应链，也构筑起海外车企短期内难以复制的竞争壁垒。

高配低价新能源车型，正在成为购车优选

对比传统燃油车与早期新能源车，2026年主打高配低价的新能源产品多维度优势凸显。早期平价新能源车普遍定价偏高、配置偏少、续驶表现不稳、补能体系不完善，综合体验短板明显。如今的新能源车型，在智能、续驶、动力、安全、舒适五大维度实现全面升级，同时拥有更低的日常用车成本。有家用充电条件时，纯电通勤成本通常低于燃油车，长期使用性价比突出。普通消费者无需为豪华品牌承担高额溢价，就能入手配置丰富、性能可靠、技术成熟的新能源车。高阶智驾配置持续下放，在高速场景下已能有效缓解驾驶疲劳，但城市复杂路况的实际使用率仍有待提升，智能座舱和成熟三电系统则在日常使用中持续优化出行体验。

高配低价是国产供应链成熟、技术下放与规模化效应共同带来的产业红利。但配置丰富、定价亲民，不代表整车在所有环节都没有取舍。消费者选车不能只关注“冰箱、彩电、大沙发”这类直观配置，还需要重点核查三电质保周期、底盘与制动系统规格、车辆长期耐久表现等方面，这些隐性指标直接影响车辆数年之后的使用感受。

结语

高配低价并非短期营销噱头，而是新能源汽车行业的长期发展趋势。随着智能硬件成本持续下探，行业正逐步摆脱单纯的价格内卷，迈向技术、品质、服务并行的全方位价值竞争阶段。从高端配置专属到全民技术普惠，新能源汽车的配置平权浪潮，是国内产业链成熟、产业技术迭代的重要成果，也是中国汽车市场走向成熟、惠及大众的鲜明标志。未来，消费者将以亲民成本享受高品质、智能化的绿色出行体验，这也将成为新能源出行的新常态。 **A**



中国汽车产业AI转型路径

文/车百智库

当大模型、算力等AI技术以“月”为单位快速迭代，而车企业业务应用仍以“年”为单位推进，这道时间差正成汽车产业竞争的分水岭。车百智库联合百度智能云正式发布《中国汽车产业AI转型的路径》（以下简称“白皮书”），首次从企业经营视角系统给出了车企AI转型的场景、数据、平台、组织、生态五层路径与“AI浓度”评估模型，为当下汽车产业的智能化转型提供了清晰可落地的行动框架。

核心判断：汽车是“AI 生产力”最大试验场

汽车产业是“AI 生产力”在制造业领域最大的试验场。汽车产业链条长、场景数据密度高，积累了大量真实的人类操作数据；汽车制造场景中AI的经济价值明确，能直接提升效率和良率、形成商业闭环；工厂、产线等环境相对结构化可控，AI能率先完成技术验证，实现从“炫技”到“实用”的平稳过渡。

白皮书认为，车企AI化将分成三个阶段：第一层是使用AI工具，把大模型作为研发、制造、管理等环节的助手；第二层是制造AI产品，把人工智能理念和技术融入制造与研发，造出更智能的AI汽车；第三层是成为AI企业，建立AI原生企业基因和底层算法、数据能力，以AI技术平台驱动产品创新，从底座生产出AI汽车、AI手机、机器人等不同产品。目前已有超过60家车企和零部件企业本地化部署了DeepSeek，但多数仍停留在“技术贴牌”阶段。未来，只有进入第三层的企业才最具成长价值。

场景为先：明确分层施策的落地路径

AI智能体在汽车行业应用的首要问题是建立系统化的场景筛选机制，确保有限资源可以投入到最能产生业务价值的领域。白皮书提出“价值密度—开发难度—风险等级—落地节奏”四维评估矩阵，对候选场景逐项打分。其中，价值和开发难度是核心排序依据，落地速度用于区分同等价值场景的优先次序，而风险则是“一票否决”项——对汽车行业而言，风险不可控的场景无论价值多高都不应优先推进。

为此，白皮书确立了分层施策的落地路径，并将其明确写入“AI在汽车行业落地应用的优先级”。

白皮书详细分析了“研产供销服”各环节AI智能体应用特

表1 AI在汽车行业落地应用的优先级

层次	策略定位	推进方式
快导入场景	能力成熟、需求标准化、市场已有成熟产品	直接采购或部署通用AI产品，快速上线、尽早验证价值、养成使用习惯，开箱即用形成可感知价值。
广覆盖场景	高频、轻量、分散、实现难度不高	业务人员基于Agent平台自主编写Skill，企业统一沉淀、复用与治理，以低门槛复制扩大覆盖广度。
深攻坚场景	业务价值高、开发难度大、跨系统复杂数据关联	作为战略重点组建专门团队长期攻坚，以本体建模打通数据与业务系统；更长共创周期、更严格质量控制。

点，并提出落地路径。研发环节知识密度高、文档标准化程度高、AI应用价值突出，其应用可分为需求工程、功能安全分析和质量与安全合规三类；生产环节数据密集、实时性可靠性要求高，AI应用以流程优化和文档管理为主；供应链环节跨组织协同要求高，AI应用聚焦文档密集型场景；销售环节安全风险较低、数据来源多样，AI高价值应用推进快，主要面向竞品对标分析、出海法规与市场准入分析、销售经营报表分析、销售线索管理四个场景；售后服务环节以故障诊断为核心，跨系统关联特性突出，AI应用价值高但难度大，AI智能体在该环节的适配性体现在知识检索、关联推理和案例复用三个方面。

此外，白皮书还提出一个关键趋势：AI应用将从单点突破向端到端服务演进。质检、客服、营销等成熟场景率先引入AI Agent，但各场景独立建设、数据割裂，仍呈点状累积；随着全链路数据回流统一底座，AI服务的边界将从回答单点问题扩展为承接完整业务过程，AI将成为可反复调用、持续增值的企业级基础设施。

数据底座建设的四大卡点及路径

白皮书提出，AI 应用的胜负手正从“更强的 AI”转向“真正读懂AI数据”，企业数据逐渐从“垃圾资产”进化为“战略资产”。

车企数据底座建设存在四大卡点：数据质量缺乏工程化保障、数据“孤岛效应”突出、新老系统数据打通难、数据安全合规与流通存在矛盾。其中“新老系统打通难”尤为棘手，多数车企的信息化建设周期跨越十年乃至二十年，ERP、MES 等基础系统或为多年前上线的单体架构，或为厂商封装的“黑盒”，而新上的智驾、座舱、用户运营系统普遍采用云原生、微服务架构，新老系统存在纵向的代际断层。对此，白皮书提出构建知识图谱、利用AI打通新老系统数据、利用地图数据提升智能驾驶训练样本标注效率、统一全域数据底座等建设路径。

构建车企的企业级AI技术平台

企业级AI技术平台需要先形成模型服务与算力管理，再以智能体平台连接业务。

AI Infra的建设运营质量决定了车企AI词元生产成本。未经优化直接部署DeepSeek R1，每百万词元成本约150元，官方优化后不到3元，差距可达数十倍。白皮书建议，按尺寸和任务分类管理模型，高能力大模型承担复杂推理、中型模型平衡能力与成本、轻量模型承接高频任务，并灵活管理开源与闭源模型以免被单一路径锁死，同时建立统一的模型目录与准入规则，按词元需求配置算力。

表2 车企AI应用成熟度评估模型

维度	核心指标	L0	L1	L2	L3	L4
数据落盘基础	数据是否采集入湖					
	仓、质量四维（完整/准确/时效/一致）、语义化（字典/图谱）、回流闭环	数据散落系统内，未落盘归集	已落盘，靠人工导出，质量无保障	入湖仓，有质量规则，关键字段语义统一	语义层/知识图谱支撑，质量自动监控，闭环回流	数据资产自服务，跨系统实时流动，回流反哺模型迭代
流程标准化程度	流程文档化、规则结构化、接口规范化、跨系统贯通	流程靠个人经验，无标准文档	有流程文档，执行靠人，规则未结构化	关键流程标准化，规则可配置，系统接口打通	流程全线上化、规则引擎化，跨部门流程贯通	流程自动编排、可度量优化，成为行业参考
应用效果	价值实现层级：个人提效、组织提效、商业提效、正循环引领	无 AI 应用，价值未显现	个人提效：单点任务提效明显	组织提效：嵌入流程，跨岗位协同，依赖数据支撑	商业提效：直接贡献经营结果，ROI 可验证	正循环引领：数据飞轮转起，自我强化，引领行业
人机关系	人机协作形态：助手、伙伴、数字员工、AI 独立演进	人纯手工，未使用 AI	助手：人主导、AI 辅助	伙伴：人机协同、互相校验	数字员工：AI 独立承担工作流，人工监督	AI 独立演进：自我评测、自主学习、跨场景迁移

构建AI时代车企组织管理变革体系与应用生态

组织层面，车企长期存在决策链条长、部门壁垒明显、重复性管理多、AI人才供给不足等问题。AI化应用能推动企业管理由“定期汇总、事后分析”转向“实时感知、前置干预”。白皮书建议以“一把手工程”推动转型，建立跨部门协同与项目运营机制，构建分类分层的人才培养与激励体系。

生态层面，白皮书预判AI应用的商业模式正在重构：“结果即服务”（RaaS）正逐渐取代传统SaaS订阅，超六成中国企业倾向按业务成果计费购买AI能力。合作模式同样在变化：超80%的主流车企已启动生成式AI试点，但实现规模化的车企仅约15%，核心原因在于“技术转移已完成、技术应用未发生”。为此，白皮书提出以“产品平台+FDE专家+车企业务团队”联合共创为主线，辅以产品采购、共建实验室、产业联盟等模式，推动技术供给关系从“买卖”走向“共生”。

首提“企业AI浓度”，让AI化程度可度量、可复测

转型如何衡量？白皮书首次提出“企业AI浓度”评估模型，从“AI能力建设”与“AI应用成效”双维度刻画企业AI化程度，能力建设涵盖数据能力、AI基础设施、组织变革、战略投入、应用广度与深度五个一级指标。模型应口径明确、指标可量化；数据须来自企业实际系统与记录；自评对标、不设及格线，不作为排名依据，而是支撑管理决策的“体检工具”。

白皮书提出分阶段推进汽车产业AI转型发展。第一阶段是AI应用的示范推广；第二阶段从单点渗透转向链条贯通，数据服务从“卖数据”走向“用数据”；第三阶段走向产业重构，预计2030年前后重塑整个产业的利润结构。针对不同类型企业，应采取差异化策略：新势力坚持核心组件全栈自研；大型传统车企集团采取关键自建、通用采购、垂域联合；国有车企关键数据与安全能力内控；出海车企核心算法与数据能力宜自建或白盒合作。

加快推动中国车企AI化发展建议

白皮书从政府与行业两个层面提出建议。政府层面，建议在“人工智能+制造”“模数共振”框架下设立汽车行业子行动，明确大模型、工业智能体、高质量数据集的年度量化目标，把AI浓度作为衡量车企转型进度的核心指标，并加快建设行业可信数据空间与跨境机制、强化公共算力基础设施。行业层面，建议制定车企AI浓度评估标准与行业对标体系，建设AI应用场景库与案例库，设立FDE人才培养与认证体系，破解“试点多、规模化少”的难题。A

AI赋能下汽车零部件供应稳定性的协同机制

——以广东汽车供应链为例

文/谭徐英（广东亚视演艺职业学院经济管理学院）

广东汽车产量连续八年全国第一，汽车渗透率持续上升，零部件供应稳定性成为整零协同关键。本文以资源依赖理论为视角，将协同机制分为信息、业务、组织三维，析出效率、柔性、信任三条路径，结合广东与吉林、上海的区域差异，以及Tier 1与Tier 2、Tier 3的层级差异，提出区分主动协同与被迫协同、补齐人才缺口、推动柔性模块标准化等建议。研究发现，协同不是抽象口号，而是可操作、可测量、可干预的具体维度；广东汽车供应链的韧性，最终取决于能否把链主主导的“被迫协同”转化为全链共享的“共生协同”。

广东汽车供应链的规模与协同需求

广东是全国汽车制造第一大省。2024年汽车产量达570.74万辆，同比增长10.0%，连续八年居全国第一；新能源汽车产量达361.78万辆，增长43.0%，占全国27.47%，渗透率由2020年约6.7%升至2024年约63.4%，五年间呈现“十倍速”扩张态势。全省规上汽车整车及零部件企业超1200家；2026年1—7月新能源汽车产量同比增长49.0%，产业规模与结构转型均居全国领先地位。广东已建成产销研一体化的完整产业体系，在整车制造、零部件研发及生产服务等环节形成较强配套能力。

在产业布局上，肇庆正成为广东汽车供应链的重要配套基地。以小鹏汽车为龙头，集聚新能源汽车企业超100家，形成“足不出市”即可造车的完整供应链。襄阳光瑞作为国内最早从事汽车零部件研发的企业之一、首批国家专精特新“小巨人”企业，2025年在肇庆新区投建制造基地，计划投资5亿元、占地75亩，达产后预计年产值5.6亿元、年税收3000万元，主要服务比亚迪、东风、小鹏等整车厂。这一信息说明，广东汽车供应链的稳定性正从整车厂内部延伸至肇庆等中小配套城市，零部件企业的供应能力直接关系整零协同成败。肇庆的压铸、内外饰件等中小供应商，正在成为观察广东汽车供应链协同机制的重要窗口。

迭代加速使零部件需求波动更频繁、预测难度更大，供应稳定性面临比燃油车时代更严峻的压力。行业普遍将新能源车型研发周期压缩至18~24个月甚至更短，远低于燃油车时代至少36个月的开发周期，这也使汽车零部件企业对响应速度要求变得更高。这一现实背景与广东省“广货行天下”工程、“制造业当家”战略对供应链协同的现实关切高度一致。

一个值得追问的现实悖论是：不少零部件企业早已部署EDI甚至SRM系统，供应却依然不稳。这说明“接了系统”不等于“形成了协同”，中间缺的正是机制。AI的介入并非简单替代人工，而是通过算法对需求预测、排产优化、质量检测与物流调度的再结构化，使协同从“信息可见”走向“智能可决策”。本文拟先分析“协同”内容，再析出“机制”路径，最后用区域与层级差异检验边界条件，力求让“协同机制”从修辞变为可观测、可干预的变量。

从“接系统”到“成协同”：三维协同的实践路径

供应链协同须落实为可量化、可观测的实操维度，否则仅为形式化概念。在AI赋能背景下，可从信息、业务、组织三个层级实现协同机制具象化与落地化。

信息协同的核心是数据实时共享与数据价值转化，依托智能算法，实现需求预判与资源前置配置。广汽埃安联合上下游供应商落地VMI库存管理模式，打通需求预测、库存数据与生产计划体系，将传统静态数据共享升级为动态需求预判，依托机器学习模型生成14~30天滚动需求预测，有效压缩库存资金占用，实现物料直供上线精准落地。博世北美工厂依托数字化供应链平台优化配送模式，实现短周期、高频次线边配送；奥特佳通过云平台集成多类生产管理系统，对接主机厂实时数据，显著提升订单转化效率，缩短整体采购周期。优质信息协同可实现订单级、小时级精细化联动，突破传统年度框架协议粗放式协作局限。广东汽车供应链实践表明，信息协同的深度直接决定需求信号传递的保真度，进而影响整零之间的供应稳定性。

业务协同聚焦全流程链路贯通与关键节点智能决策，依托数字化技术实现质控、生产、物流全环节精准管控。在溯源管理层面，途虎养车联合华为云搭建区块链溯源体系，实现配件全生命周期信息存证溯源；马瑞利与宝马跨境合作项目依托数字化平台实现精细化零件数据追溯。在生产质检环节，AI视觉检测技术逐步替代人工抽检，大幅降低生产安全与质量缺陷风险；在物流调度领域，智能平台整合自动化设备，通过算法优化运输路径与装载方案，显著提升物流运营效率。全流程贯通的业务模式可快速定位供应链异常问题，规避风险逐级传导与放大。对于肇庆压铸类中小企业而言，业务协同的难点不在于是否接入系统，而在于能否以可承受成本实现关键节点的数据贯通。

组织协同是信息与业务协同长效落地的制度保障，核心在于构建稳定的跨主体协作关系与人机协同体系。国内头部车企依托自研数字化平台，整合上下游供应商、车辆与用户资源，构建制度化跨组织协同体系，依托链主企业带动供应链大中小企业融通发展。但智能技术迭代升级对产业人才体系提出新要求——珠三角新能源汽车供应链存在明显技能缺口，高校人才培养与区域产业技能需求适配性不足，复合型产业技术人才供给不足。稳定的组织沟通机制、互信协作关系与适配的人才体系，是数字化、智能化协同系统落地见效的核心基础。没有组织层面的制度支撑，信息协同与业务协同很容易停留在技术层面，难以转化为持久的供应稳定性。

效率、柔性、信任：协同机制的三条作用路径

将信息、业务、组织三维协同一并投入产业链治理“黑箱”，可提炼效率、柔性、信任三条叠加共生的核心路径，构成智能赋能下产业链协同的完整作用逻辑。三者并非简单并列，而是交互生发、共同作用于供应稳定性。

效率路径依托智能系统整合破解信息壁垒，有效抑制供应链牛鞭效应。智能技术可整合销量、季节、营销与行业竞争等多维数据，构建精准终端需求预测模型，并实现预测数据上下游互通，从源头消解需求信号失真引发的波动放大问题。广汽埃安融合VMI模式与实时数据共享，大幅压缩库存资金占用、实现物料精准直供，印证该路径实践价值。行业实践表明，系统性抑制牛鞭效应可显著优化供应链盈利水平，为企业带来10%~30%的利润提升空间。对于肇庆中小供应商而言，效率路径的意义在于降低因需求预测偏差导致的库存积压与缺料风险。

柔性路径通过数字化系统整合实现动态响应，强化供应链动态适配能力。Swarford等（2008）提出“IT整合—供应链柔性—竞争绩效”递进传导机制，明确数字化整合对柔性能力的前置

支撑作用。这一机制契合Teece等（1997）动态能力理论，形成“感知异常—研判决策—快速重构”跨组织响应闭环。广东新能源汽车产业链依托数字化协同体系，实现生产流程高速迭代、定制化生产高效落地，可针对缺料、质量异常等问题完成小时级排产调整。在产业技术快速迭代、市场需求多变背景下，柔性适配能力成为中小配套企业适配链主生产调度、维持市场竞争力的核心关键。广东新能源车型定制周期短至14天，意味着零部件企业必须具备与整车迭代节奏相匹配的快速响应能力。

信任路径凭借数据透明化与规范化治理，重构供应链共生合作关系。区块链溯源实现产业链信息可核验追溯，智能算法可审计特性厘清决策逻辑，有效缓解供需双方信息不对称与机会主义风险。基于资源依赖理论，透明信息交互弱化核心企业信息特权，强化产业链相互依存关系，推动合作模式从零和博弈转向长期共生。现有实证研究表明，供应链信息整合与柔性能力协同赋能是绩效提升核心中介路径。同时，前沿研究指出，智能技术对供应链信任的影响具有双重性，技术赋能能否正向赋能合作信任，最终取决于信息共享的制度规范与治理安排。对于处于弱势地位的Tier 2、Tier 3企业而言，信任路径能否走通，往往比效率与柔性路径更具决定意义。

区域比较与层级差异：广东的特殊性

协同机制并非放之四海皆准，其形态受制于区域结构与层级位置。

区域差异方面，广东、吉林、上海呈现鲜明梯度。吉林以传统燃油车为主，一汽2024年新能源渗透率约10.6%，长春整车本地配套率约45%（奥迪一汽新能源项目达71%），配套半径讲究“100 km最安全”，数字化由央企系启明信息主导，节奏偏稳。上海长三角一体化程度最高，1 h车程内可实现近80%零部件配套，特斯拉长三角本地化率80%、上汽通用85%，安吉物流iValon平台将物流数字化做到了极致。广东新能源占比最高，2024年新能源汽车产量达361.78万辆、渗透率约63.4%；广汽埃安广州工厂零部件本地配套率80%、核心零部件省内配套率100%，大湾区形成“上下楼就是上下游”协作生态。差异核心在于：广东新能源迭代快、定制周期短（14天），对协同实时性与智能化要求远高于以燃油车为主的吉林。吉林模式强调配套半径与供应安全，上海模式强调长三角一体化与物流数字化，广东模式则更强调迭代速度与智能协同。

层级差异是本文最想强调的一点。广东省工信厅提出到2025年整零比达1:0.9，而2021年全省整零比仅1:0.85，整零失衡明显。大型Tier 1如广汽部件，设49家投资企业、营收约400亿元，

与整车厂多为“主动协同”——它有议价能力、有IT团队，能与广汽联合开发、双向共享。而肇庆高要压铸企业则往往“被迫协同”：高要是“中国压铸产业基地”，2024年集聚42家供应链企业、从业人员逾1万；龙头企业广东鸿图虽为A股上市公司、拥有压铸行业唯一国家企业技术中心，2024年营收达80.53亿元，但其前五大客户合计销售33.77亿元、占41.93%，对整车厂依赖不言而喻。襄阳光瑞这类“小巨人”在肇庆建厂，本质仍是整车厂供应链配套节点。对这类Tier 2、Tier 3，系统整合并非自愿能力建设，而是链主或客户下达的准入门槛——不接入EDI与VMI，就出不了货；AI赋能若不能降低接入成本，反而可能加剧数字鸿沟。

被迫协同下，效率机制仍然生效，但信任机制易被削弱：中小企业担心数据透明后议价权进一步流失，反而减少真实信息共享。这提示政策应把“协同”从单向合规转为双向赋能。小鹏肇庆工厂是其全球首个自建整车基地，2020年5月投产，2023年产线升级后产能提升至20万辆，P7、MONA M03等车型对压铸结构件实时供给要求严苛，客观上把肇庆压铸企业推入链主主导的协同网络。对于肇庆这类中小配套城市而言，被动接入链主系统只是第一步，如何在协同中保留合理议价空间与信息权益，才是更值得关注的治理议题。

对策建议

把结论落到肇庆制造业对接“广货行天下”供应链实践中，有三点启示。

第一，应区分“主动协同”与“被迫协同”，对肇庆压铸类等中小供应商给予数字化补贴与公共服务平台支持，降低其接入链主系统的固定成本，避免协同沦为单纯合规负担。广东省工信厅在“链式改造”中强化广汽等龙头企业牵引作用，引导上下游开展同步研发与协同制造，并健全常态化供需对接平台。这些平台若能向中小供应商开放AI需求预测、智能排产等轻量化模块，将显著降低其被迫协同成本。公共服务平台还应提供数据安全、接口标准、培训指导等配套服务，帮助中小企业跨越数字化门槛。

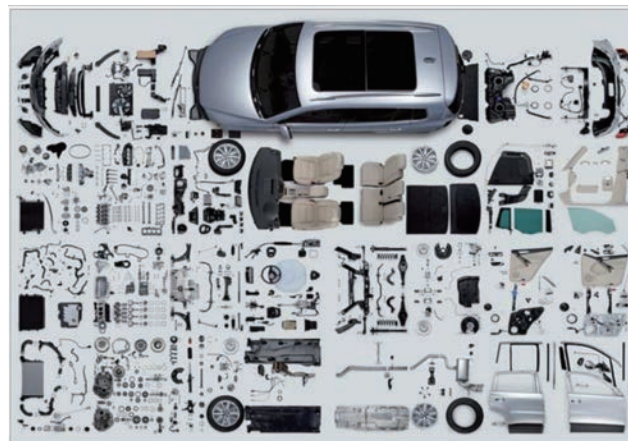
第二，应以整零比1:0.9为目标，补齐广东“零部件规模与整车生产不匹配、核心部件受制于人”短板，把信息协同从VMI延伸到联合需求预测。李思誉（2026）揭示的技能缺口提示，广东推进AI赋能协同必须同时解决“人”的缺口——通过政府、企业、学校多元协同实施错位供给与靶向引才，为中小供应商培养既懂压铸工艺又懂数据看板的复合型人才。人才短板不补齐，AI赋能协同就容易变成链主单方面的系统升级，而非整零共同的能力提升。

第三，柔性机制是广东的相对优势，应鼓励把缺料预警、产能共享等模块标准化，使中小供应商也能享受实时排产红利，而不只是被链主系统单向调度。从资源依赖视角看，政策最终目标是抬高“相互依赖”、压低“权力失衡”，让协同从对抗走向共生。链主不应把AI系统当作控制供应商的工具，而应通过数据共享、算法共建与收益分成，让AI赋能真正沉淀为全链公共品。唯有如此，广东汽车供应链的协同机制才能从链主主导的“被迫协同”走向整零共享的“共生协同”。

结论

本文以资源依赖理论为基石，并引入AI赋能实体经济视角，把“AI赋能下的信息系统整合—供应稳定性”黑箱拆成信息、业务、组织三维协同，并经由效率、柔性、信任三条机制路径运行。在广东情境下，新能源高渗透与快速迭代使协同实时性与智能化要求高于吉林与上海；大型Tier 1主动协同与肇庆压铸类Tier 2、Tier 3被迫协同，决定机制效果异质性。研究意义在于：协同不是抽象口号，而是可操作、可测量、可干预的具体维度与路径；广东汽车供应链韧性，最终取决于能否把链主主导的“被迫协同”转化为全链共享的“共生协同”，让AI赋能真正沉淀为供应稳定的底层能力。对肇庆这类以中小制造商为基底的城市，协同红利不会自动惠及弱势环节，唯有以公共服务、人才培养与制度设计补齐其数字化与智能化能力，协同机制才能从链主单向指令生长为整零共生的稳态结构。^[A]

基金项目：肇庆市2026年度哲学社会科学规划项目“AI赋能下肇庆制造业对接‘广货行天下’产业链的协同机制、效应测度与优化路径研究”（项目编号：26GJ-357）



让上亿辆电动车成为电网“充电宝”

文/欧阳明高

当前，一场以可再生能源替代化石能源、以电动汽车替代燃油车为核心的能源革命正席卷全球。在这场由中国引领的变革中，构建“源网荷储”一体化的新型电力系统是必由之路。随着新能源汽车保有量迈向亿级规模，海量电动汽车不仅是交通工具，更将成为新型电力系统不可或缺的重要支撑。



预计到2030年，我国电动汽车保有量将达1.1亿~1.6亿辆，2040年进一步增至3亿~4亿辆。伴随超快充设施的普及，集中充电带来的负荷冲击日益凸显。若500万辆电动汽车夜间同时以10kW功率充电，总负荷将达5000万kW，远超单一城市电网的承载极限。因此，推动充电行为从无序走向有序，进而实现车网互动（V2G），是破解充电容量瓶颈的关键路径。

车网互动的本质，是将电动汽车从单纯的“负荷”转化为兼具“负荷”与“电源”双重属性的移动储能单元。在用电低谷时充电、高峰时向电网反向放电，不仅能有效削减电网峰值负荷，还能让车主通过参与电力交易获得收益。以单车电池包70 kW·h计算，利用富余循环次数参与储能交易，全生命周期累计收益可达1.5万~7.5万元。这意味着，电动汽车正从单纯的消费品转变为具有资产价值的产品。

针对公众关心的电池寿命与安全问题，研究表明，科学的车网互动不仅不会加速电池衰减，反而有助于延长其日历寿命，即电池在充放电循环中的寿命。当前车用磷酸铁锂电池在容量衰减至70%前，可完成约3000次满充满放循环，而家用车在10~15年使用期内仅消耗约500次循环，存在大量富余。通过双向脉冲等技术，可使锂分布更均匀、抑制析锂，改善快充与低温性能。同时，车网互动使电池更多处于半电状态，避免了满电长期停放对日历寿命的损害，在精确识别风险因素的前提下，能有效防范安全事故。

在应用推广上，车网互动已形成三类典型场景：

一是“点”上的园区场景，将车载电池与光伏、储能设施协同运行；

二是“线”上的交通场景，通过光储充一体化及重卡换电电池为乘用车充电，减轻对大电网的冲击；

三是“面”上的建筑场景，打造“房—车—网”一体化系统，实现建筑用能与车网互动的综合管理。

展望未来，车网互动有望成为中国分布式短时储能的主要载体。考虑到我国城市以高层建筑为主，家庭安装固定式储能条件有限，利用地下车库中的电动汽车进行储能更具现实可行性。

按照《新型电力系统建设“十五五”规划》，到2030年车网互动聚合可调充电规模达到5000万kW。预计到2040年，随着固定式储能增速放缓，车网互动储能容量或超过40亿kW·h。保守估计，到2050年3.5亿辆电动汽车的车载电池总容量将达250亿kW·h，在应急情况下可满足全国一天的用电需求。

今后五年是车网互动产业的启动期。随着技术标准完善、市场机制健全和商业模式成熟，上亿辆电动汽车将真正汇聚成电网的“移动充电宝”，为新能源革命提供坚实支撑。**A**



从产品出海到生态出海： 中国汽车全球化的“体系竞争”时代

——来自AIAG、车贝健、东风本田零部件、冠盛股份、理想汽车、泰案联的出海观察

文/艾克

2026年，中国汽车出海进入新阶段。核心问题已从“把车卖到海外”变成：如何在当地建立研发、制造、渠道、售后、数据和品牌体系，如何从“被采购”走向“被信任”……

在《汽车与配件》与Automechanika Shanghai联合策划的专题中，AIAG（汽车行动集团）亚太区总干事谢希贤博士、东风本田汽车零部件有限公司董事长/副总经理/党委书记陈石、泰案联中国区执行副总裁黄妹荣、芜湖金桔科技有限公司常务副总经理/芜湖车贝健汽车科技有限公司总经理张朝俊、冠盛股份市场部经理丁士灿、理想汽车等分别从标准合规、核心零部件、数据服务、售后供应链、整车出海和后市场服务等角度，勾勒出中国汽车全球化的新图景。

阶段之变：出海不是货物位移，而是能力体系输出

中国汽车出海已从“产品贸易”进入“体系竞争”阶段。企业不再只是卖货，而是在海外复制研发、制造、渠道、服务与品牌能力。谁能把单点优势转化为系统能力，谁就能真正扎根。

AIAG谢希贤博士将当前阶段定义为“战略整合”。最明显的变化是：比亚迪、吉利、奇瑞经AIAG提名加入IATF，中国从规则接受者逐渐变为规则塑造者；中国企业在海外建设研发中心、合资企业、充电设施和服务网络，从“出口通道”走向“本地价值网”。

理想汽车将2025年定位为企业的“出海元年”，2026年是其第一个完整海外经营年。理想在国内累计交付超170万辆后正式启动出海，将中亚列为首要战略区域，在德国、美国设立海外研发中心。升级路径清晰：研发前置化、渠道多元化、服务本地化。

冠盛股份用40余年从一家温州作坊成长为产品远销六大洲120多个国家和地区的A股上市公司。丁士灿将当前阶段概括为“全球化运营”：1.0是单一品类制造，靠性价比打开市场；2.0是多产品线供应，通过全球仓网和本土团队提供一站式采购与库存管理；3.0是“产品+服务”综合供应链方案输出，从“卖产品”升级为“帮客户赚钱”的商业伙伴。

车贝健张朝俊则把后市场服务出海定义为“深度生态出海”。车贝健践行集团“走出去、走进去、走上去”战略，完成三级阶梯式迭代：产品出海、模式出海、生态出海。当前核心是生态出海，拓展新能源三电维保、品牌备件、储能系统、数字化运营等业务，同步搭建人才培养与技术培训全链条孵化体系。

泰案联黄姝荣直接点出：产品出海是单纯把货卖到海外；生态出海则是同步输出品牌价值、备件供应网络、售后维保体系和数字化服务能力，形成可持续运转的产业闭环。整车品牌大规模出海，正促使或驱动国内零部件配套企业一起搭建本地化售后生态。

出海不再是贸易问题，而是组织能力、服务体系与生态构建的全面竞争。

底层支撑：合规不是成本，数据不是辅助，品质不是结果

生态出海的基石是标准、数据、品质与合规。过去企业把它们当门槛，现在必须把它们当能力。没有这套底层操作系统，本地化就是空中楼阁。

中国零部件企业进入全球供应链的合规门槛已大幅提高。谢希贤博士指出，IATF 16949证书只是入场券，真正的挑战在于质量过程管控与体系构建。中国供应商往往样件质量优异，但量产阶段持续统计过程控制存在短板；质量问题出现时，全球OEM要求24~48 h内提交8D报告，而许多企业需要数天收集数据。网络安全与数据主权是第二道门槛，TISAX已成为德国高端OEM询价的强制前提。更关键的是，谢希贤博士认为，中国企业面临的最大挑战不在于技术层面，而在于组织与战略的碎片化。作为国际化平台与行业桥梁，AIAG输出行业标准、联动行业专家，并对接国际合作伙伴，共同破解产业共性痛点。

泰案联的答案则是“数据先行”。黄姝荣表示，很多中国零部件企业生产能力很强，但不清楚产品适配海外哪些车型，只能被动等客户询盘。泰案联利用TecDoc全球车型库和各国车辆保有量VIO数据，帮助企业摸清目标市场主流车型、替换件需求，梳理产品适配清单，找准潜力SKU；TecDoc支持40多种语言，是全球后市场公认的数据标准。面对欧洲TecDoc、北美ACES/PIES等不同标准，泰案联采用“一套主数据，多市场输出”方案，并严格遵守欧盟GDPR、国内PIPL及数据出境法规，建立数据溯源机制，厘清OE号、互换件的知识产权边界。

东风本田零部件陈石把品质、交付、成本、合规视为一条链：品质一致性是根，交付高弹性是干，成本竞争力是果，合规全覆盖是门槛。东风本田零部件拥有本田独特的“检技体制”。在全球客户准入上，东风本田零部件完整通过IATF 16949认证，全流程可审核、可追溯，并把本田QAV供应商监察逻辑对内对外双向复用。

合规不是成本，而是能力；数据不是辅助，而是资产；品质不是结果，而是前提。



东风本田汽车零部件的部分产品



泰案联可为出海车企和配套零部件集群提供一体化解决方案

协同之网：生态出海不是单打独斗，而是产业链闭环

整车、零部件、数据平台、后市场服务不能再各自为战。生态出海的关键是信息打通、能力互补、利益共享。谁能把中国制造优势转化为全球供应链协同优势，谁就能占据核心生态位。

泰案联则扮演“跨境数字连接器”。黄姝荣指出，整车和零部件抱团出海最大问题是信息割裂：整车海外备件需求、零部件供货能力、终端维修需求无法打通。TecDoc统一零部件识别标准，实现海外车型备件清单和零部件SKU精准匹配；TecCom打通供应商与海外经销商数字化交易；TecRMI服务维修端，提供维修技术资料。泰案联可为出海车企和配套零部件集群提供一体化解决方案。

冠盛股份在售后市场构建全球仓网和本土团队。东南亚供应链中心产能稳步爬坡，北美、欧洲、中东仓网体系连点成面，美国、墨西哥、德国等地拥有本土运营团队。冠盛联合上下游企业伙伴联合出海，形成产业出海生态，帮助产业链伙伴解决海外落地政策壁垒。

车贝健则践行“源自主机，服务全球”的理念，与中国各主机厂构建双向赋能的出海合力。车贝健搭建层级化、全覆盖的三级海外服务体系，全方位筑牢中国汽车海外全生命周期服务保障体系。当下，车贝健还面临三大挑战：新能源三电系统解决方案、储能系统解决方案技术壁垒高；各区域政策法规差异显著；海外本地市场壁垒突出。针对此挑战，车贝健推行一对一精准落地策略：搭建海外属地培训体系，输出标准化课程，定向培育本地专业技师；坚持“一区一策”，严格适配当地法规。

东风本田零部件陈石认为，零部件企业要实现“跟随核心客户延伸、又超越单一客户依赖”，关键有三条：能力要可迁移；产品要有延展性，从单个零件向模块化、总成化延伸；节奏要跟得上。

协同不是口号，而是从数据标准到仓配网络、从整车带动到后市场服务的全链路闭环。

品牌之跃：从被看到被信任，信任来自可验证的体系

从“中国制造”到“中国品牌”，最大的障碍不是产品，而是信任。品牌跃升的核心，是把能力转化为可验证、可感知、可追溯的证据。

中国汽车及零部件企业在海外建立品牌认知，最核心障碍不是产品质量，而是“已证明的能力”与“被感知的可靠性”之间的认知差。成熟市场中，品牌信任建立在数十年一致表现、安全记录、召回透明和服务可靠之上。AIAG以可核验的质量记录、全球认证背书、先期质量防错机制、Tier-N全链路供应链可视化为



AIAG 输出行业标准、联动行业专家，并对接国际合作伙伴，共同破解产业共性痛点



冠盛已成为多家全球知名汽配连锁的“最佳供应商”“卓越进步供应商”

支撑，搭建起企业与OEM之间的信任纽带，赋能企业将内生能力转化为可对外采信的客观佐证。正如谢希贤博士所言：“信任是赢得的，不是买来的。”

冠盛已成为多家全球知名汽配连锁的“最佳供应商”“卓越进步供应商”，GSP品牌获得国际五星品牌认证。核心做法是让客户真正赚到钱——通过全球仓网帮客户降低库存、提升运营效率，而不是单纯低价竞争。

车贝健依托中国汽车海量海外整车用户基盘，以新能源三电维保解决方案、汽车品牌备件体系等刚需服务为核心突破口，正在快速积累初始市场口碑，打造可持续发展的全球化汽车服务品牌。



理想汽车欧洲战略发布会暨理想i6欧洲首秀现场



车贝健打造可持续发展的全球化汽车服务品牌

泰案联黄姝荣指出，海外经销商、修理厂判断品牌靠不靠谱，首先看产品信息规不规范。入驻TecDoc全球目录本身就是行业认可的数字化背书。持续更新、完整规范的品牌数据，能让企业在全域采购体系中长期保持曝光，慢慢积累行业认知。

品牌不是宣传出来的，而是验证出来的。信任一旦建立，就是最深的护城河。

未来三五年：窗口期与深水区并存，体系竞争决定终局

未来三到五年，机遇在新能源与新兴市场，挑战在合规、人才、品牌与本地化。谁能把标准、数据、品质、合规、品牌和本地化服务协同起来，谁就能从“全球供应商”升级为“全球伙伴”。

机遇方面，新能源全球化浪潮带动整条产业链出海，海外存量燃油车带来持续售后需求，东南亚、中东、拉美等新兴市场增长潜力巨大。AIAG谢希贤博士认为，中国在电池、电驱、智能座舱、自动驾驶软件方面形成先发优势，有机会向全球OEM提供完整技术平台；比亚迪、吉利、奇瑞加入IATF，更印证中国正由标准的跟随者转型为规则的共建者。

挑战同样清晰：地缘贸易壁垒增多，各国法规持续收紧；海外优质渠道长期被国际品牌占据；许多企业仍依赖低价竞争，数字化能力、品牌建设、本地化服务存在短板。国际化人才稀缺、品牌信任建立、供应链本地化压力，都是结构性难题。泰案联黄姝荣指出，新能源技术迭代快，数据库需要持续投入更新，全球法规变化也要求持续优化跨区域合规服务能力。

面对未来，各家企业的核心应对思路可归纳为“练内功、布全局、建生态”。东风本田零部件陈石态度务实：“不赌某一个市场、不赌某一条技术路线，把基本功做扎实。”机会靠客户多元化去抓，风险靠产品升级化解。冠盛丁士灿强调，用服务和品牌的不可替代性，消化贸易摩擦带来的成本压力。车贝健张朝俊判断，最大机遇在于新能源三电维保、车用及家用储能系统缺口持续扩容，合规改装需求稳步增长；最大挑战则是全球合规监管、数据安全、行业认证要求持续收紧，属地化运营成本攀升，兼具海外综合运营能力的复合型人才严重短缺。

2026 Automechanika Shanghai期间，AIAG、车贝健、东风本田零部件、冠盛股份、理想汽车、泰案联将集中展示出海能力，涵盖全球数据解决方案、多市场标准转换、新能源零部件数据、轻量化底盘件、智能增程与纯电平台、新能源三电维保与储能系统、中国车品牌备件等，并借助展会平台对接全球买家与合作伙伴。

位于2.1号馆的泰案联将重点演示TecDoc全球数据解决方案、多市场标准数据转换、新能源零部件数据方案，以及TecCom、TecRMI配套服务，并安排海外负责人现场一对一支持；东风本田零部件将在3号馆内展示发动机、底盘核心件工艺能力，以及铝锻转向节、悬架臂等轻量化产品，呈现数字化工厂柔性制造能力；同样位于3号馆的冠盛股份将带来底盘件供应链解决方案，以整体底盘形式展出传动轴、轮毂轴承、橡胶件、减振器、转向机等，并新增转向助力泵；理想汽车参展计划仍在规划中，将适时展示智能增程、纯电平台、智能座舱及自动驾驶等成果，重点对接中东、中亚、欧洲及东南亚市场；车贝健在5.1号馆将重点展示车贝健新能源三电系统解决方案、储能系统解决方案、招募海外加盟商与区域合作伙伴，在6.1号馆重点聚焦品牌备件，而在1.2号馆将集中演示车贝健生态中的改装及汽车用品；

AIAG则将借助展会平台推动标准对话，围绕IATF 16949、AIAG & VDA SPC手册更新、CQI特殊过程要求及AI 软件等议题，促进全球对接。AIAG与理想汽车都将在2026年展会的5.1号馆进行现场展出。这些企业将借助展会平台，与全球买家、渠道和合作伙伴展开务实合作。

从产品出口到生态出海，中国汽车产业正站在新的分水岭上。这是一场长期主义的考验，而Automechanika Shanghai这样的全球平台，正在成为连接中国能力与全球规则、推动中国汽车产业走向深度全球化的重要枢纽。

平台之桥：Automechanika Shanghai从商贸对接走向生态共建

当中国汽车产业的全球化进程逐步走向体系化布局，专业展览所发挥的作用也在不断为行业增添色彩。Automechanika Shanghai正以更完整的服务能力回应这一变化，打造集信息交流、市场推广、商贸对接和产业教育于一体的重要行业平台。本届展会期间，包括汽车产业国际发展大会CEO论坛、AIAG亚太质量峰会、汽车售后市场发展大会、电动物流与商用车国际交流论坛等在内的一系列高质量会议活动将陆续登场，围绕全球战略布局、本地化运营、国际汽车质量体系更新与落地要求、汽车售后市场渠道协同与供应链韧性、新能源商用车全球化等核心议题展

开。此外，汽车出海生态合作对接会、海外整车采购与国内新能源汽车供应链对接会、跨国投资及全球合作系列活动（亚洲与北非专场）等多场产业合作主题活动，也将进一步链接全球资源，助力企业精准匹配、协同落地。

2026年Automechanika Shanghai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将于12月2—5日在国家会展中心（上海）举办，390 000 m²的展示空间内将汇聚7600家海内外优质参展企业，共同构建贯通上下游的全产业链展示矩阵。紧扣行业发展趋势，展会将完整呈现全球汽车产业的核心竞争力与创新格局，构建国际化综合性服务平台。A

“ ”

未来三到五年，机遇在新能源与新兴市场，挑战在合规、人才、品牌与本地化。谁能把标准、数据、品质、合规、品牌和本地化服务协同起来，谁就能从“全球供应商”升级为“全球伙伴”。



真正的全球化不是看进入了多少国家，而是能否在当地持续创造价值

文/王琅

2026年8月19—21日，由车百国际主办的新能源汽车全球合作发展论坛在上海举办。奇瑞汽车副总裁王琅分享了中国汽车全球化从产品出海走向本地共生、实现高质量可持续发展的洞察。



奇瑞汽车副总裁 王琅

从徘徊100万辆到冲击1000万辆，中国汽车站上台阶后更要思考如何高质量可持续发展。增长源自于中国在新能源和智能网联领域的技术创新和效率优势。站在“1000万辆”台阶之上，如何高质量可持续发展是值得探讨的话题。

全球化不会停留在产品进入市场，从产品出海走向本地共生，是面向下一个阶段的能力升级。衡量全球化能力的标准，将从进入多少市场转向能否在当地长期经营，不仅要走出去，还要走进来、走上去、扎下根。

本地共生不是全面的本地化，而是全球能力的最优配置。它不是简单提高零部件本地化率，也不是把国内工厂、组织和产业链完整复制到海外。第一层是本地制造，凡是直接影响法规适应性、产品交付、用户体验和供应链安全能力的，应根据当地条件稳步建设；第二层是区域协同，仓储、物流、备件中心、检测认证、人才培养等可集约使用资源的，应在区域内共建共享；第三层是全球统筹，核心平台、底层技术、品牌标准、资本纪律和重大风险的边界保持全球一致。

真正的全球化不是看进入多少国家，而是看能否在当地持续创造价值。首先为当地用户创造价值，产品要真正解决当地用户的问题，经得住当地道路、气候和使用环境的考验；其次融入当地产业，带动当地制造、供应链、服务、人才、技术等能力的共同成长；第三形成持续经营的能力，经得住市场周期、政策变化和 risk 挑战。判断全球化的质量，最终要看三个结果：用户价值有没有提升、产业融合有没有深化、长期经营能不能成立。

产品不能只是适用当地，更要源于当地；合规不是最后一道门，而是产品的第一张图纸。新能源汽车不可能用一套产品、一条技术路线覆盖所有市场，必须推动用户洞察、法规开发、适

应性验证、竞争力定义四个前移。同时，如今的规则已从车辆安全、排放、型式认证延伸到数据和网络安全、软件升级、碳足迹、动力电池全生命周期、供应链尽责、知识产权和社会责任，合规不只是法务部门的问题，而是产品、数据、供应链和ESG共同构建的经营能力，要把事后把关转向事前设计。

汽车出海不是整车交付，而是用户全生命周期的责任和信任。用户买一辆车，同时也购买了未来多年的使用保障。如果销量快速增长，但备件、维修、技术支持没有同步建设，短期销量就可能转化为长期的抱怨，最终成为品牌的负债。企业必须围绕用户完整使用周期，系统建设备件、维修、金融、二手车、补能、软件六项能力，评价全球经营质量也不能只看销量，还要看备件满足率、维修时效性、服务网络覆盖率、全生命周期使用成本、车辆残值和用户满意度。

单一企业不可能独立建设全部海外能力，产业协同要坚持“底座共享、能力共建、品牌竞争”。在非差异化的公共能力上减少重复建设，仓储、备件中心、物流网络、认证、人才培养、法规信息、基础数据都可以根据区域条件探索共享；整车企业、零部件企业、服务企业和当地伙伴共同规划区域产能、质量体系、服务网络、人才能力；在产品、技术、品牌和用户体验上保持充分竞争。还应推动标准、数据、检测、认证的互认。

全球化的终局是成为当地产业的一部分，最大瓶颈往往不再是产品，而是组织和治理。从产品出海走向本地共生，本质上是三重转变：从产品贸易转向长期经营，从单点优势转向体系能力，从企业独立行动转向产业生态协同，最终落在“本地价值、产业协同、全球能力”三个关键词上。为此，企业需要建立清晰的“前台、中台、后台”三级体系，区域授权不是简单的权力下放，权限、责任、资源、数据、考核必须同步配置。▲

燃油车长期质量压力有所缓和，设计类问题成波动主因

文/J.D. Power

消费者洞察与市场研究机构J.D. Power发布2026中国车辆可靠性研究。研究显示，燃油车长期质量问题呈现小幅修复回落，2026年行业整体问题抱怨数为192个PP100，较2025年下降5.3个PP100，豪华车和主流车市场的平均得分分别为183个PP100和195个PP100。

研究显示，燃油车长期可靠性在2022—2025年间连续承压后首次出现改善信号，其中，硬件故障类问题占比54%，长期保持高位，波动幅度较小；设计缺陷类问题PP100从2022年的78攀升至2025年的90，2026回落至87个PP100，是主导长期质量问题数波动的核心变量。

2026年中国车辆可靠性研究的PP100止住了过去三年的增长恶化，抱怨数量首次出现回落，尤其是设计缺陷类问题PP100下降至87，故障类问题也下降至104，这在当前产品快速迭代和成本不断压缩的市场环境下更加难能可贵。

但需要注意的是，驾驶辅助和信息娱乐系统这两个与智能化高度相关的领域，问题占比连续四年上升，信息娱乐系统问题占比达到15.9%，成为燃油车长期质量的最大挑战。从拥车期来看，1~3年的车辆PP100相对稳定，而3~4年的质量抱怨则大幅提升，PP100增幅超过40。尤其是主流品牌在3~4年拥车期质量恶化明显，而豪华品牌3~4年的质量抱怨则明显低于行业平均水平。对于厂商而言，长期质量与成本投入的关系仍十分密切。随着智能化的发展，OTA在燃油车上的搭载率也大幅提升，但完成OTA的车辆在语音识别、导航和蓝牙连接等方面的PP100不降反增，品牌在追求软件升级的同时，更要关注到升级变化后用户的适应性和学习成本问题，否则，随着车辆质量抱怨数的增加，NPS也会出现明显下滑。

从用户群体来看，00后群体的平均PP100达到205，为所有年龄段最高，其中，座椅和轮胎的磨损/破损类抱怨明显高于行业均

J.D. POWER | 君迪

J.D. Power 2026中国车辆可靠性研究SM

		获奖车型	
细分市场	车型	PP100	品牌
紧凑型轿车	长安逸动Plus	206	长安汽车
紧凑型豪华轿车	梅赛德斯-奔驰C级	173	梅赛德斯-奔驰
中型经济型轿车	日产轩逸经典	178	东风日产
中型轿车	丰田卡罗拉	141	一汽丰田
中型高端轿车	丰田凯美瑞	158	广汽丰田
中型豪华轿车	沃尔沃S90	163	沃尔沃
紧凑型豪华SUV	路虎发现运动版	164	路虎
中型经济型SUV	奇瑞瑞虎7/7 Plus	190	奇瑞
中型SUV	奇瑞瑞虎8 Pro	166	奇瑞
中型高端SUV	丰田威兰达	135	广汽丰田
中型豪华SUV	雷克萨斯RX	165	雷克萨斯
大型SUV	福特锐界/锐界L	171	长安福特
大型豪华SUV	路虎揽胜	153	路虎
大型MPV	别克全新GL8	145	别克



图1 2022—2026年中国车辆可靠性研究行业总体趋势



图2 PP100趋势

值。厂商应及时关注到年轻用户用车“比较狠”的特点，对面向年轻用户的车型进行有针对性的耐久优化。

近五年来，燃油车长期质量问题重心持续向电子智能系统迁移。动力总成问题占比从2022年的9.5%降至2026年的6.0%，是改善最明显的问题类别；信息娱乐系统问题占比攀升至15.9%，已连续三年位居所有问题类别用户抱怨之首，驾驶辅助问题占比8.6%，较2022年上升3.4个百分点，增幅为各类别最高。

随着传统机械系统日趋成熟，车机交互、驾驶辅助等高频智能功能的长期稳定性与易用性，正成为影响整车长期质量的重要变量，质量改善战略亟需在传统机械可靠性与数字交互可用性之间建立再平衡。

车辆拥车达3年后总体PP100较2~3年跳增47个PP100，是整车长期质量风险集中释放的时间窗口。随着拥车周期拉长，NVH（噪声、振动与声振粗糙度）问题恶化尤为突出，胎噪、风噪及各类噪声异响逐步显现。

与此同时，车身外观、信息娱乐系统和动力总成等问题类别在长周期使用下也面临更突出的耐久挑战。早期质量风险释放平

“”

随着智能化的发展，OTA在燃油车上的搭载率也大幅提升，但完成OTA的车辆在语音识别、导航和蓝牙连接等方面的PP100不降反增，品牌在追求软件升级的同时，更要关注到升级变化后用户的适应性和学习成本问题。



J.D. Power中国区汽车产品力解决方案事业部总经理 王姓

缓并不意味着长期品质无忧，如何让长期验证体系更贴近真实拥车周期，成为行业待解课题。

受新车质量迭代向长期可靠性传导的影响，三大品牌阵营的长期可靠性差距显著缩小。其中，豪华品牌（183个PP100）故障类PP100较2022年增加15个PP100，传统硬件可靠性优势削弱；主流国际品牌（191个PP100）故障类问题长期保持平稳，质量压力主要来自设计类问题的持续走高；自主品牌（201个PP100）故障类问题数明显回落，硬件品控有所改善，但设计类问题仍处相对高位。当阵营间质量差距进入平台期，各阵营不仅要共同应对智能化带来的设计体验质量风险，也将更多聚焦于各自薄弱环节的精细化改善。

用户代际差异同样值得关注。“00后”用户对整车长期质量的抱怨程度显著高于其他年龄群体，且在故障类问题上与其他代际拉开明显差距。在细分问题上，00后的质量抱怨更多集中于座椅和驾驶体验，对磨损/破损类问题尤为敏感，其PP100较行业总体高出6.4，座椅表面易磨损、轮胎磨损不均等长期使用痕迹更易被感知。

值得注意的是，“00后”在1~2年拥车期抱怨低于总体，进入2~3年后升至247.0个PP100，较同期总体高出50.8个PP100，进一步凸显其对车辆由“新”到“旧”品质变化的敏感。优化座椅、漆面等易损耗部件的耐久性，有望有效改善年轻用户的长期品质感知。 A

一个窗口，全线输出： 博格华纳2026经销商大会传递了哪些信息？

文/艾克

9月下旬，2026年博格华纳经销商大会在宁波盛大举办。表面看，这是一场产品推介与渠道招商会；实质上，它更像一次战略宣示。

博格华纳全球售后总经理Noureddine Saidi与中国区售后高级经理翁晓峰联袂出场，向中国独立售后市场传递出一个清晰信号：博格华纳售后业务已完成整合，正以“一个窗口”对接渠道，以“全线输出”覆盖需求。

汽车售后市场未来竞争不再是单点产品竞争，而是体系、技术、渠道与长期主义的竞争。

组织整合的重要意义

在2026年博格华纳经销商大会上，最强烈的信号不是某一款新品，而是博格华纳售后业务的“接口”统一了。

大会现场，Noureddine Saidi把客户诉求归纳得很直接：经销商要的不是更多联系人，而是一个能对广泛产品、技术和服务负责的伙伴。翁晓峰在大会上的表述则更强调“落地”，把话题引向经销商能直接感知的变化：对接方式、产品获取、服务支持。博格华纳中国售后已经具备完整职能团队，能够独立、高效地服务本土渠道，并以统一端口输出全系产品。这背后的目标，是让经销商不再为多品类合作反复建立信任，而是通过一个伙伴获得完整解决方案。

很显然，这段变化对经销商的意义，远大于组织架构本身。第一，进货和商务谈判从“多线并行”变成“一个窗口”，政策、价格、服务更容易形成合力。第二，产品组合从单点供应变成全系输出，涡轮增压、点火、正时、热管理、电驱动等可以在同一合作框架下交叉导入，经销商不必为每个品类重复建立信任。第三，工厂总经理和售后团队在大会上的集体亮相，说明“一个博格华纳”不是总部口号，而是由制造、技术、销售、服务共同背书的渠道承诺。对博格华纳，这是提升客户黏性和交叉销售；对经销商，则是降低交易成本、获得更完整解决方案和更连贯技术支持的机会。

这一整合的价值是双向的。对客户而言，互动路径更简洁，产品获取更便捷，技术支持更连贯；对博格华纳自身，则强化了



博格华纳全球售后总经理 Noureddine Saidi 博格华纳中国区售后高级经理 翁晓峰

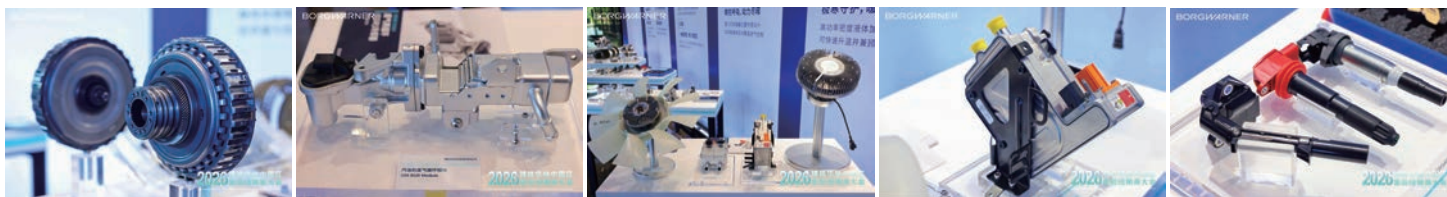
客户关系黏性，催生跨产品线交叉销售机会，同时提升全球资源配置效率。可以说，“一个博格华纳”不是一句口号，而是对渠道碎片化的系统性纠偏。

OE能力与机电一体化构筑护城河

博格华纳向售后市场传递的第二个信号是：不打价格战，打价值战。其底气源于数十年积累的工程基因。公司在全球81个制造和技术中心布局，覆盖所有主要汽车市场，全球员工中工程师超过7000名。这种“全球规模+本地触角”的双重优势，在供应链韧性、区域响应和成本控制方面释放出巨大效能。

产品层面，博格华纳售后组合已覆盖传统与新兴技术全系列：增压技术、排气管管理、BERU品牌点火与柴油冷启动系统、发动机正时系统、驱动与传动技术、热管理解决方案，以及功率电子和电驱动技术。这一阵容不仅覆盖传统燃油车，更前瞻性嵌入混合动力和纯电架构。

Noureddine将核心竞争力归结为三个支点：一是对推进、动力系统和热管理技术的深刻理解；二是支持多元动力技术的能力；三是将全球工程制造实力与本地客户支持无缝衔接。三者共同构筑了“技术领先、应用专精、客户至上”的价值主张。



尤其值得关注的是“机电一体化”能力。博格华纳既能做机械件，又能做电子件，还能写软件，这在全球范围内也是屈指可数。机电一体化产品有护城河，能保持溢价。博格华纳在大会中明确建议经销商：选择有机电一体化能力的品牌，才能走得更远。

业务结构层面，博格华纳传统内燃机业务仍贡献约80%的全球营收，在正时系统、涡轮增压器等品类保持全球前三市占率；电动化产品已形成26亿美元销售规模。这种“双轮驱动”赋予公司极高战略韧性——无论客户选择内燃机、混动还是纯电路线，博格华纳都能提供有竞争力的解决方案。

渠道策略：四类客户、公平公正与长期主义

博格华纳经销商大会向渠道传递的第三个信号是：要建生态，而不是收割渠道。翁晓峰在分享中直言：中国汽车售后市场受疫情、电动车崛起、二手车价格崩塌、国际品牌份额萎缩、价格战加剧等多重冲击，市场进入存量博弈。在这样的环境下，博格华纳选择做长期主义者，不盲目增加客户，不压货，不搞短期业绩冲刺。

其客户策略清晰聚焦四类：一是专业客户，做涡轮、点火、变速箱、正时、风扇等单产品线，靠专业知识赚取合理利润；二是易损件客户，主要推点火线圈、火花塞，寻找省代；三是全国批发型客户，大型仓储型客户，靠备库存和批发能力挣钱；四是区域终端销售客户，有门店、客服、物流配送能力，能把货卖到终端修理厂。

博格华纳强调公平公正，建立清晰价格体系和激励机制。不同渠道侧重点不同，支持方式也不同：专业客户给技术支持；易损件客户给市场支持，如海报、促销礼品、市场费用；车型件客户给产品培训、产品研讨会。最终目标是让每个客户在价值链不同层面都能盈利。

这一策略传递出明确导向：经销商不是被压货的对象，而是价值链合伙人。只有客户盈利，合作才能长久。

中国落点：一个窗口，服务多元技术路线

中国不仅是全球最大汽车市场，更是新能源与智能网联技术

领跑者。目前，中国市场销售额占博格华纳全球营收约20%，本土车企客户在其中国业务中占比高达75%。值得一提的是，中国团队已开始牵头主导部分全球产品研发。

在售后领域，翁晓峰强调，中国市场特殊性在于技术路线多元并存——新能源车高速增长，但传统和混动车辆仍将在未来多年占据存量主体。为此，博格华纳采取“双线并行”本地化策略：一方面守住传统产品基本盘，保持市占率领先；一方面加大电驱动、热管理、功率电子等新能源售后产品导入和培训。同时，依托整合后的统一销售门户，更高效覆盖经销商、连锁维修、车队等多元渠道，提供从产品到技术、从数据到营销的全链路赋能。

数字化是另一大抓手。随着车辆技术越来越复杂，获取可靠信息的重要性已和零件本身一样高。博格华纳正打造高质量产品、应用和技术数据库，帮助客户快速准确锁定适配零件；持续投资数字客户互动平台、在线技术支持系统和远程培训资源；更长远看，预测性维护、实时诊断、智能维修流程将重塑售后价值链。

对经销商的启示

博格华纳经销商大会传递的归根结底是“确定性”：经销商需要与能提供护城河和长期价值的品牌同行。这一点至关重要。

第一，选择比努力重要。绑定有OE技术根基、机电一体化能力、长期主义的品牌是重要选择。第二，从贸易商转向方案商。专业认知、服务能力、库存管理、终端渗透，才是未来利润来源。第三，抓住结构性机会：易损件省代、新能源售后、出海OE资源。第四，拒绝同质化价格战，往技术高地走。第五，坚持长期主义，公平公正的价格体系和激励机制，才是渠道生态的基石。

从分散到整合，从传统到新能源，从中国到全球，博格华纳正在用行动证明：它不仅是发动机时代的动力专家，更是电动化、智能化时代值得信赖的全域技术伙伴。2026年的这场变革，或许只是其百年长卷中浓墨重彩的一笔，却已为售后市场未来格局写下了新的注脚。 **A**

Micro-LED技术在汽车照明领域的应用

文/李文强（佛山市国星光电股份有限公司）

作为汽车行驶必不可少的安全部件，汽车灯具在汽车主动安全方面的作用至关重要。继LED光源于20世纪80年代后期进入汽车照明领域并于此后十五年逐步普及之后，汽车照明正经历从分立光源向像素化数字光源的又一次技术跃迁。微发光二极管（Micro-LED）将LED芯片微缩至50 μm 以下并与CMOS驱动背板集成，形成数万乃至数十万个可独立控制的发光像素，兼具超高亮度、纳秒级响应、长寿命和全固态可靠性等优点，被视为下一代车灯光源的“终极形态”。本文回顾了汽车LED照明十五年来发展历程，介绍了Micro-LED的技术特点与关键工艺环节，重点分析了其在汽车信号灯具和前照灯（尤其是自适应远光灯ADB）中的应用现状与装车案例，讨论了外量子效率、巨量转移、热管理、成本与车规认证等方面的技术挑战，并对Micro-LED汽车照明的发展趋势进行了展望。

作为汽车行驶必不可少的安全部件，汽车灯具在汽车主动安全方面的作用至关重要。20世纪80年代后期，高亮度发光二极管技术的出现使LED进入汽车外部照明领域，LED灯开始逐步替代原来主流的卤素灯、氙气灯方案；进入21世纪，LED车灯被广泛应用于转向灯、制动灯等信号灯具，并应用于前照灯，实现了与AFS系统的结合。十五年后的今天，LED前照灯在乘用车市场的渗透率已超过70%，卤素灯与氙气灯正加速退出主流市场，仅部分低端车型仍在使用的LED已完成从“豪华车选装”到“全车系标配”的跨越。

与此同时，汽车智能化、网联化的浪潮对灯具提出了全新的要求：前照灯不仅要“照得远、照得清”，还要“看得懂”路面场景，实现防眩目、路面投影与光语交互；尾灯也从信号提示器演进为可编程显示界面。传统分立LED受封装尺寸与驱动通道数的限制，单灯可独立控制的像素停留在数十至数百级，难以支撑上述功能。在此背景下，将LED芯片微缩至微米级并与CMOS驱动电路集成的Micro-LED技术进入汽车照明领域。2023年，保时捷Cayenne搭载的SSL|HD数字前照灯成为全球首款量产的高分辨率Micro-LED前照灯；此后蔚来ET9、大众途观L Pro、全新奥迪Q3等车型相继装车，Micro-LED正从概念验证走向规模量产。本文梳理了汽车LED照明的发展脉络，介绍Micro-LED的技术特点，重点分析其在汽车照明特别是前照灯领域的应用现状、技术挑战与发展趋势。

Micro-LED光源的技术特点

Micro-LED概述

Micro-LED一般指芯片尺寸小于50 μm 的微型发光二极管阵列器件，业界也有以100 μm 为界的界定方式。与主流封装LED（芯片尺寸大于200 μm ）相比，Micro-LED将单个发光单元缩小了近两个数量级，可在同一面积内集成数万至数十万个独立可控像素。其发光机制与传统GaN基LED一致：InGaN/GaN多量子阱有源区在正向偏压下实现电致发光，蓝光波长约为460 nm，经荧光粉转换获得白光。2000年前后，美国得克萨斯理工大学H. X. Jiang团队制备出GaN基微盘LED器件，被视为Micro-LED器件研究的开端；此后该技术在显示领域率先发展并逐步走向成熟。

与显示用Micro-LED不同，车用Micro-LED普遍采用CMOS主动驱动背板：每个像素对应独立的驱动晶体管与控制单元，可实现纳秒级的单像素开关与灰度调制。这一“光源阵列与驱动电路单芯片集成”的架构，正是汽车照明所要求的像素级实时控光能力的物理基础。

主要优势

（1）超高亮度。Micro-LED单像素亮度可达 10^6 cd/m²量级以上，明显高于传统封装LED（约 10^5 cd/m²量级），远超ADB像素级控光需求。

（2）纳秒级响应。CMOS主动驱动的固有特性，比传统方案快三至六个数量级，可满足高速交汇场景下遮蔽区域的实时刷新。

(3) 长寿命与高可靠性。无机GaN材料热稳定性好，半衰期寿命超过10万h；全固态结构无任何运动部件，振动工况下不存在机械失效模式，这正是其优于DMD微镜方案之处。

(4) 像素级控光。数万至数十万像素独立开关与调光，遮蔽精度可达0.05°~0.1°。

(5) 光能利用率高。
防眩目遮蔽像素关断时，其驱动能量可重新分配至周围点亮像素，实现“暗区不眩目、亮区更明亮”。

(6) 体积小、便于造型。单颗光源即可替代传统多颗分立LED模组，海拉SSL|HD光模组的占用空间较上一代方案缩小75%，为整车前脸造型释放了空间。

与其它光源方案的对比

表1给出了传统矩阵LED、OLED、DLP与Micro-LED四类方案的对比。OLED亮度上限不足且高温寿命短，仅适合尾灯等信号与装饰用途，无法承担前照灯主照明；DLP分辨率最高，但微镜机械结构的可靠性隐患、系统复杂度与成本制约了其普及；Micro-LED则在像素规模、亮度、响应速度与可靠性之间取得了工程上最优的平衡，被认为是介于传统矩阵LED与DLP之间、兼顾分辨率与成本的高清智能前照灯技术路线。

关键技术环节

- 车用Micro-LED的实现涉及以下关键环节：
- (1) 外延与芯片微缩。芯片尺寸缩小带来侧壁缺陷占比增大等尺寸效应，需要通过侧壁钝化与缺陷修复工艺提升外量子效率。
 - (2) 像素阵列制备与集成。目前存在晶圆级大芯片集成与巨量转移两条主流路线。
 - (3) CMOS驱动背板。每个像素配备独立驱动单元，支持单像素PWM调光与灰度控制，是ADB像素级遮蔽与投影功能的前提。
 - (4) 光学系统集成。投射式近远光光学设计与自由曲面透镜校正直接决定遮蔽精度与投影均匀性。
 - (5) 热管理与车规可靠性设计。须在全温度工况下满足AEC-Q102等车规认证要求。

Micro-LED在汽车信号灯具中的应用

在信号灯具领域，Micro-LED的价值在于将尾灯从“发光器件”升级为“显示器件”。依托高像素密度与独立控光能力，尾灯可以实现流水转向、呼吸渐变、动态灯语、紧急制动高频闪烁等效果，并支持文字与图案显示。蔚来ES8贯穿式尾灯集成了600颗LED、总长2264 mm，支持用户自定义“灯光代写”功能，是

表1 传统矩阵LED、OLED、DLP与Micro-LED方案对比

对比维度	传统矩阵LED	OLED	DLP (DMD)	Micro-LED
发光方式	分立芯片，恒流驱动	有机材料自发光	外置光源+微镜调制	无机自发光，CMOS主动驱动
像素规模	数十至数百级	—	百万级	1万~4万级，向十万级演进
亮度	约10 ⁵ cd/m ²	低于前照灯需求	取决于外置光源	可超10 ⁶ cd/m ²
响应速度	微秒级	微秒级	毫秒级（受系统延迟影响）	纳秒级
机械结构	无	无	微镜机械翻转	全固态，无运动部件
可靠性与车规	成熟	高温衰减快，仅宜尾灯	微镜疲劳、尘埃敏感	满足AEC-Q102要求
系统成本	低	中	高（万元级/套）	约为DLP方案的60%

像素化尾灯的代表性案例。Mini LED作为过渡方案也已在中高端车型的交互式尾灯与格栅显示中获得应用。

法规演进也在推动信号灯具的像素化。欧盟R48法规修正案已于2025年7月生效，要求新认证车型配备紧急制动信号（ESS）功能：当制动减速度超过6 m/s²时，制动灯须以约4 Hz的频率高频闪烁警示后车。Micro-LED纳秒级响应与无机械疲劳的特性天然适配ESS及更复杂的动态信号时序要求。此外，像素化尾灯还可与毫米波雷达、摄像头联动，在系统判断存在追尾风险时提前增强警示亮度，使信号灯具从被动指示部件转变为具有部分主动安全属性的交互终端。

Micro-LED在汽车前照灯中的应用

从矩阵式LED到像素级前照灯

汽车前照灯光源技术大致经历了卤素灯、氙气灯、LED与数字光源四个阶段，表2列出了像素化进程中的标志性事件。2004年，奥迪A8 W12率先在量产车前照灯内应用LED日间行车灯；2006年，雷克萨斯LS 600h首次将LED用于量产车近光灯；2007年，奥迪R8推出全球首款全LED前照灯；2013年，改款奥迪A8的矩阵式LED前照灯实现了首个全数字控制的防眩目远光，其25个LED区段可由控制单元独立激活与调光。此后，奔驰MULTIBEAM将区段数扩展至数十级，奔驰DIGITAL LIGHT则借助数字微镜器件（DMD）将单灯像素数推升至百万级。矩阵式LED受封装与通道数限制，像素规模停留在百级，遮蔽精度有限；DLP方案分辨率虽高，但微镜机械结构的可靠性隐患、系统复杂度与成本制约了

其普及。Micro-LED的出现使前照灯在单颗光源内即可获得万级以上的可独立控制像素，兼顾分辨率、响应速度、可靠性与成本，成为高清像素大灯的主流技术路线[8,10]。

两种主流技术路线

(1) 晶圆级大芯片集成路线。以ams OSRAM的EVIYOS 2.0为代表：在单片GaN外延上直接制备25 600个Micro-LED像素（320×80阵列，像素间距40 μm），并与CMOS驱动ASIC倒装键合，每个像素由ASIC独立驱动。该方案由马瑞利集成为h-Digi高清模组，已应用于大众途锐、途观L Pro、欧宝Grandland和蔚来ET9等车型。据蔚来官方披露，ET9的近光照明范围由50 m提升至70 m，远光有效照射距离由约350~400 m提升至500 m，遮蔽精度达0.05°~0.1°，相当于在100 m距离上实现厘米级的目标遮蔽能力。

(2) 巨量转移路线。以日亚化学的μPLS为代表：将16 384颗分立Micro-LED（像素间距50 μm）批量转移并键合到CMOS ASIC上，配合英飞凌驱动芯片构成完整方案，被FORVIA海拉选用于其SSL|HD高清前照灯系统。2023年款保时捷Cayenne成为全球首款搭载该系统的量产车：单灯集成两颗Micro-LED芯片、超过32 000个独立可控像素；车辆识别到对向来车时自动切入HD防眩目模式，无对向车时切换至高性能模式，据报道整灯光通量可由约1400 lm提升至2500 lm，远光照射距离可达约600 m。2025年发布的全新奥迪Q3搭载Micro LED头灯，标志着该技术开始由豪华车向紧凑型车细分市场下探。

ADB功能与路面投影

自适应远光（ADB）是Micro-LED前照灯的核心功能。系统通过前视摄像头识别对向与前方车辆位置，实时关断或调暗对应区域的像素，在保证其他区域全亮远光的同时避免眩目。以120 km/h车速计，两车交汇时间仅约2~3 s，遮蔽区域须在毫秒级完成切换，Micro-LED纳秒级像素响应为此提供了充分裕量。相比传统ADB约百像素级的遮蔽分区，万级像素可将防眩目从“区域遮蔽”细化到“目标遮蔽”，最大限度缩小暗区面积。法规层面，联合国R149法规已将ADB技术要求标准化并在50多个国家和地区实施；美国于2022年修订FMVSS 108，允许ADB系统装车认证，为该技术全球推广扫清了制度障碍。

路面投影是Micro-LED前照灯的第二大功能。利用像素阵列可直接在路面投射车道线、导航箭头、斑马线、施工区域车宽引导等图案，无需DMD等空间光调制器。中国科学院长春光学精密机械与物理研究所设计了基于200×150白光Micro-LED阵列的车灯投影光学系统，单像素尺寸80 μm×80 μm，视场角16°×34°，经自由曲面透镜校正后照度均匀性由83.2%提升至93.2%，验证了

表2 汽车前照灯像素化技术发展里程碑

年份	车型/系统	技术里程碑
2004年	奥迪A8 W12	量产车前照灯内首次应用LED（日间行车灯）
2006年	雷克萨斯LS 600h	LED首次用于量产车近光灯
2007年	奥迪R8	全球首款全LED前照灯
2013年	奥迪A8（改款）	首个数字控制防眩目远光：矩阵式LED，25个区段
2014—2018年	奔驰MULTIBEAM / DIGITAL LIGHT	区段数扩展；DMD微镜方案将单灯像素推升至百万级
2023年	保时捷Cayenne（SSL HD）	全球首款量产高分辨率Micro-LED前照灯，单灯超3.2万像素
2024—2026年	蔚来ET9、大众途观L Pro、奥迪Q3等	Micro-LED大灯多车型装车，由豪华车向主流市场下探

中等分辨率投影方案的可行性。随着像素密度提升与集成工艺成熟，Micro-LED在投影分辨率上与DLP的差距将持续缩小。

更进一步，Micro-LED前照灯正在从“照明组件”向“感知—交互前端”演进：与激光雷达、摄像头及导航数据协同，在高级别智能驾驶场景中交通信息直接投射到路面，使车灯成为车辆与道路使用者“对话”的窗口。

面临的技术挑战

(1) 外量子效率的尺寸效应。芯片尺寸缩小使侧壁面积与有源区体积之比急剧上升，刻蚀损伤与悬挂键引入大量非辐射复合中心，导致外量子效率随尺寸减小而显著下降：目前报道的GaN基Micro-LED峰值外量子效率普遍低于15%，5 μm以下器件甚至低于1%。车用大电流密度工况（1000 A/cm²量级）对效率提出了更高要求，国内晶能光电已开发出在该电流密度下外量子效率超过20%的蓝光Micro-LED外延结构，但整体仍低于传统商用LED（蓝光外量子效率超过50%）。侧壁钝化、缺陷修复与器件结构优化是当前攻关重点。

(2) 巨量转移与制造良率。微米级芯片的转移精度须控制在±0.5 μm以内，转移良率与检测修复效率直接决定量产成本。目前巨量转移路线（印章转移、激光转移、流体自组装、直接键合等）尚未收敛，良率与显示产业99.9999%以上的量产要求仍有差距；对键合集成路线而言，晶圆级键合的对准精度与缺陷率同样是良率的关键。



(3) 热管理。万级像素在数平方厘米发光区内的高密度集成使单灯热功耗可达数十瓦，且结温须在-40~150℃全工况范围内满足AEC-Q102车规要求，光衰、色偏与寿命指标均须在高温工况下验证。高导热基板与热电一体式像素隔离等新工艺已被用于改善散热。

(4) 成本与标准认证。Micro-LED前照灯单件成本目前约为传统ADB大灯的3~5倍，仍局限于高端车型选装；从样品到量产的认证周期通常需24~36个月。不同地区光度学要求的差异（如欧盟R149与美国FMVSS 108的考核方式不同）也增加了全球平台车型的开发与合规成本。

发展趋势与展望

市场规模方面，据QYResearch统计，2025年全球Micro LED车灯市场约为0.75亿美元，当年Micro LED前照灯产量约13万只；预计2032年市场规模将达31.95亿美元，年复合增长率高达68.5%。行业研究同时显示，Micro LED大灯在乘用车前装市场的渗透率2025年约为2.3%，2026年有望提升至5%以上；随着小间距方案良率突破与单灯成本下探，2030年前后搭载率有望升至15%以上，应用车型也将由豪华车加速下探至中高端主流市场。

产业格局方面，ams OSRAM凭借EVIYOS系列率先实现车规量产；日亚与英飞凌、FORVIA海拉、马瑞利等构成另一重要阵营。国内产业链亦在快速跟进：三安光电、京东方华灿（4万像素

级ADB方案）、国星光电（键合集成万级像素大灯）、晶能光电（硅基Micro LED车灯光源）、星宇股份与芯联集成合资公司（计划2026年量产）、晶合光电（“画芯一号”4万像素方案）、鸿利智汇、数字光芯等企业均已发布车规级产品或产线布局。中国既是全球最大的汽车产销国，又拥有完整的LED产业链，在“应用拉动技术”的路径下，Micro-LED车灯有望成为我国汽车照明产业实现从跟跑到并跑乃至领跑的机遇赛道。

结论

本文系统梳理了汽车照明从分立LED向像素化数字光源演进的技术脉络，重点分析了Micro-LED光源的技术特点及其在信号灯具与前照灯领域的应用现状。分析表明：其一，Micro-LED凭借超高亮度、纳秒级响应、全固态可靠性与万级以上像素级控光能力，已成为高清智能前照灯的主流技术路线，以保时捷Cayenne、蔚来ET9、大众途观L Pro等为代表的量产装车案例验证了其在ADB防眩目与路面投影方面的工程可行性；其二，该技术当前仍面临外量子效率尺寸效应、巨量转移良率、热管理与成本认证等关键挑战，从高端选装到规模普及仍需产业界在工艺与成本两端持续突破；其三，随着车规法规（R149、FMVSS 108）的完善与国内外产业链的快速跟进，Micro-LED汽车照明有望在未来5~10年内完成向中高端主流市场的下探，并深度融入智能驾驶与车路协同体系，使车灯真正成为车辆对外“感知与对话”的交互界面，为道路交通安全与驾乘体验带来质的提升。▲

某纯电动汽车电驱动系统NVH测试及分析

文/李永越 杨树岗 刘巧红 (沧州交通学院机械与动力工程学院)

针对纯电动汽车电驱动系统中高频啸叫突出、激励源复杂及激励与结构响应耦合关系难以判定的问题,以某型MPV纯电动汽车为试验对象,开展整车NVH数据采集与问题识别,并对全油门加速工况下的高频啸叫问题进行分析。结果表明,车辆在3500~4000 r/min转速区间内出现明显啸叫,驾驶员内耳噪声在约2200 Hz处形成突出峰值,其频率变化特征与电机36阶次基本吻合。动力总成模态测试结果显示,在该频段存在以电机壳体交替拉伸为主要特征的模式振型。综合分析表明,电机36阶次激励与动力总成结构模态发生耦合,使加速啸叫响应放大,其中电机壳体为主要振动响应部件。研究表明,采用阶次跟踪与模态测试相结合的方法,能够有效识别电驱动系统高频啸叫的主要激励特征和结构响应机理,为后续整改及仿真优化提供目标频率、关键阶次和试验依据。

随着全球新能源汽车产业的蓬勃发展,新能源汽车在节能减排、环境保护等方面的优势日益凸显,受到了世界各地消费者的广泛关注和青睐。近年来,纯电动汽车保有量不断增加,车辆运行过程中的声振舒适性逐渐成为影响用户体验的重要因素。由于缺少发动机噪声的覆盖作用,驱动电机运行产生的高频啸叫问题更加明显。由于采用永磁同步电机,转子的磁场轴向比较集中,且定子磁场在轴向也未采取任何措施,使得转子磁场与定子磁场相互作用的时候,受力不均匀,电机定子产生振动,再通过壳体的传函放大,最终传递至驾驶室产生噪声。因此,深入研究纯电动汽车电驱动系统噪声产生机理,建立有效的NVH测试与问题识别方法,对于提升车辆声振品质、缩短开发周期以及降低后期整改成本具有重要意义。

电驱动系统噪声产生机理分析

电机电磁噪声产生机理

驱动电机是以磁场为介质以电磁理论为基础的能量转换装置。电机运行时,定子电流产生旋转磁场,并与转子磁场相互作用,在气隙中形成周期性电磁力。由于气隙磁场并不是理想的正弦分布,其中还包含由定子电流、转子励磁及气隙磁导变化产生的谐波成分。

电磁力包括径向分力和切向分力。切向分力主要形成电磁转矩,其波动会造成转矩脉动;径向分力作用在定子内表面,并沿气隙圆周周期性变化。与切向分力相比,径向分力对电机振动噪声的影响更明显,是产生电磁噪声的主要激励源。当径向力的激

励频率接近电机壳体固有频率时,壳体振动会被放大,并向周围空气辐射噪声,最终表现为明显的高频啸叫。

减速器机械噪声产生机理

减速器噪声主要来自齿轮啮合和轴承运转。研究表明,齿轮精度、装配质量、负载变化及运行工况均会影响减速器的振动噪声水平。齿轮传动时,轮齿周期性进入和退出啮合,啮合刚度随之变化。若存在齿形、齿向或加工误差,啮合过程容易产生冲击和动态啮合力,并通过轴和轴承传递至减速器壳体,形成结构振动和噪声辐射。

齿轮啮合频率为:

$$f_m = \frac{zN}{60}$$

式中: f_m 为齿轮啮合频率, z 为齿轮齿数, N 为齿轮转速。实际运行中,除啮合基频外,还可能出现倍频和边频成分。轴承游隙、装配同轴度以及润滑状态不良,也会加剧啮合冲击和轴系振动。当啮合频率或其谐波接近减速器壳体固有频率时,壳体响应被放大,通常表现为随转速变化的中高频啸叫。阶次激励与结构模态耦合机理

电驱动总成运行过程中,电机电磁力、转矩脉动和齿轮啮合力均与旋转部件的转速相关,通常表现为固定的转速阶次。阶次激励频率与转速之间的关系可表示为:

$$f = \frac{nN}{60}$$

式中: f 为激励频率, n 为阶次数, N 为旋转部件转速。随着转速变化,各阶次激励频率也随之变化,并在阶次图中形成相应的特征线。齿轮啮合频率也可视为固定阶次激励,其阶次与齿轮

齿数及对应轴系转速有关。

电机壳体、减速器壳体及其支撑结构均具有特定的固有频率和模态振型。当某一阶次激励频率接近结构固有频率时，激励能量会引起较强的结构响应，形成共振放大。此时，即使原始激励幅值较小，也可能导致壳体振动及空气声辐射显著增强，从而产生突出的高频啸叫。

电驱动系统噪声测试分析

测试方案与数据采集

以某型MPV纯电动汽车为试验对象，开展0~100 km/h全油门加速测试。在驾驶员内耳位置布置传声器，在驱动电机附近设置近场传声器。通过多通道数据采集系统记录加速过程中的噪声和转速数据，为频谱分析与阶次跟踪提供基础。驱动电机近场及驾驶员内耳测点布置如图1所示。

测试结果与阶次特征分析

测试结果表明，电机转速处于3500~4000 r/min时，驾驶室内高频啸叫明显。对驾驶员内耳噪声进行频谱和阶次分析发现，在问题转速范围内，约2200 Hz处出现明显噪声峰值，其频率变化特征与电机36阶次基本吻合。驾驶员内耳总声压级与36阶次噪声在问题转速范围内同步升高，说明电机36阶次是此次高频啸叫的主要特征阶次。除36阶次外，驾驶员内耳噪声中还存在与减速器齿轮啮合相关的7.8阶和25阶成分，但其在问题转速范围内的突出程度低于36阶。因此，本文重点分析电机36阶次高频啸叫问题。驾驶员内耳噪声频谱及36阶次贡献曲线如图2所示。

电驱动总成模态测试分析

模态测试方法与结果

为判断约2200 Hz高频啸叫是否与动力总成结构共振有关，对动力总成开展实验模态测试。通过采集动力总成在外部激励下的振动响应，识别其固有频率和模态振型。结果表明，动力总成在约2200 Hz处存在明显模态，振型主要表现为壳体的交替拉伸和收缩，其中电机壳体变形较为明显，是该阶模态下的主要振动响应部件。动力总成约2200 Hz模态振型如图3所示。

阶次激励与结构模态耦合分析

综合阶次分析和模态测试结果可知，电机36阶次激励频率与动力总成约2200 Hz结构模态接近。当车辆加速至3500~4000 r/min时，36阶次激励使动力总成结构模态被充分激发，导致电机壳体振动及声辐射响应放大，最终形成驾驶室内高频啸叫。因此，该高频啸叫主要与电机36阶次激励和动力总成结构模态耦合有关，电机壳体是该阶模态下的主要振动响应部件。

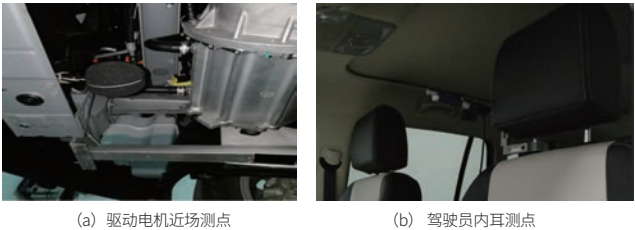


图1 测试测点布置

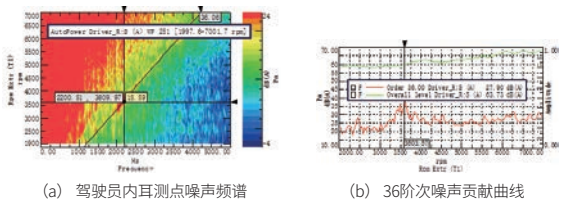


图2 加速工况噪声测试结果

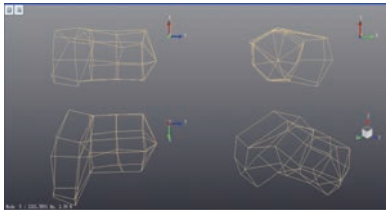


图3 驱动总成模态测试结果

结论

本文针对某型MPV纯电动汽车全油门加速工况下的高频啸叫问题，开展整车噪声测试、阶次跟踪和动力总成模态分析，主要结论如下：

- (1) 车辆在3500~4000 r/min转速范围内出现明显高频啸叫。驾驶员内耳噪声在约2200 Hz处形成突出峰值，且该峰值随电机转速变化，具有明显的电机36阶次特征。
- (2) 动力总成模态测试结果表明，在约2200 Hz处存在以壳体交替拉伸和收缩为主要特征的模态振型，其中电机壳体变形较为明显，是该阶模态下的主要振动响应部件。
- (3) 电机36阶次激励频率与动力总成约2200 Hz结构模态频率接近，使电机壳体振动响应明显放大，是车辆全油门加速过程中产生高频啸叫的主要原因。阶次跟踪与模态测试相结合，可以有效确定问题转速、特征阶次和目标频率，为后续仿真分析及整改研究提供依据。A

基金项目：2025年沧州市科技计划自筹经费项目（项目编号：20251101007）

整车热管理系统发展趋势与零部件技术创新

文/俞晓勇（奇瑞汽车）

2026年9月12日，由车百创新中心与奥特佳联合主办的战略新材料创新与应用研讨会在安徽滁州召开。会议围绕“新能源汽车热管理系统轻量化材料与工艺创新”与“智能制造赋能新能源汽车热管理系统‘精智生产’”两大主题展开交流研讨，奇瑞汽车热管理模块高级主任工程师俞晓勇受邀出席并发表“整车热管理系统发展趋势与零部件技术创新”的主题分享。以下为演讲全文，略有编辑。

中国汽车发展现状与热管理技术演进

首先回顾中国汽车的发展现状。近年来，我们取得了令人瞩目的成绩，面对这样的势头，我一直在思考：整车热管理该如何进一步发力以保持优势？因此，有必要梳理一下热管理技术的发展脉络。业内通常将热管理技术总结为三代演进，我个人非常认同这一观点。

第一代（燃油车时代）：系统相对简单，发动机冷却与空调系统相互解耦、分散独立，功能较为单一。

第二代（电动化转型期）：随着动力电池、智能驾驶、智慧座舱等多元化冷却需求的涌现，系统进化出双源热泵、集成热泵等技术。热管理也随之升级为整车的“能量管理专家”。

第三代（全域智能时代）：未来的需求将指向全域闪充、智能管理、极致能效。此时的热管理将进化为“智能能量中枢”，也就是网上说的“能量路由器”，这个说法非常新颖且贴切。

总而言之，热管理的演进体现在三个维度：一是架构之变，从分散走向高度集成；二是冷媒之变，从单一冷媒向双冷媒、多元冷媒发展；三是智能之变，从被动响应迈向AI预测性管理。热管理正从单纯的“冷得下来、暖得起来”，进化到“管得聪明、用得极致”。沿着这条路径走下去，我们一定能继续保持领先优势。

主流主机厂应对策略与供应商核心需求

在这一趋势下，各大主机厂都在积极布局，可谓“八仙过

海，各显神通”，但核心都是从被动的温度控制向主动的能量调度转型。

深圳主机厂：核心打法是“直冷直热去中间环节”。高效热管理集成模块，电池冷媒直冷直热，省去Chiller和二次回路水泵，BOM最简洁，成本最优。

杭州湾主机厂：聚焦于AI深度赋能预判式管理，包括AI智能能量管理、智能动力控制及AI智能热管理。此外，他们在R290上已经完成整车试验，在量产方面已领先半个身位。

杭州主机厂：开展极致的集成及全栈自研。

特斯拉：八通阀是行业里程碑，最新方向是压缩机与歧管一体化，取消外部冷媒管，走向“无管路模块化”。该模块已经搭载在Cybercab上，可以兼容多种冷媒，为新工质上车做好了准备。

整车厂的技术路线在变，对零部件供应商的要求也在变。我总结了四大核心需求：

1. 高集成化设计能力：供应商需从阀、泵、换热器等单件供应商向模块化方案商转型。多通阀设计要支持30种以上工作模式，10项以上功能集成于单一模块，控制器上移至域控，R134a/R1234yf/R290/R-mix多工质兼容。
2. 设计的产品要有满足全温域高效运行能力。补气增焓压缩机要实现-20℃下COP≥3.2，宽温域热泵要覆盖-30℃~+60℃，Chiller换热量要达到10 kW以上，支持6C+快充。
3. 系统减重与新材料创新应用能力：需不断探索新材料与新



奇瑞汽车热管理模块高级主任工程师 俞晓勇

“”

我们需要探索新型合作模式: 打破传统的“提需求—报价—谈判”的甲乙方博弈, 转向联合开发、平台共享、风险共担的模式, 借助新的合作模式来早日实现热管理产业的全球化领先。

工艺以实现轻量化、小型化, 赋能主机厂。特别是在高法规市场时, 比如奇瑞出口欧洲市场, 减重能有效对冲高昂的碳税成本, 这对提升竞争优势至关重要。

4. 高可靠与高安全设计: 需建立面向15年以上使用寿命的耐久设计标准, 满足全球各种环境与机械振动、密封可靠性要求。前些年中国汽车行业聚焦智能座舱与智能驾驶, 取得了不错的成绩, 但同质化也很严重。新能源智能汽车的核心竞争力会重新回到可靠性和安全性上。

热管理关键零部件技术创新方向

针对热管理关键零部件, 技术创新主要集中在以下几个维度。

电动压缩机: 主机厂的需求一定是宽温, 特别是全球化之后, 需满足极端工况的使用需求(如西伯利亚的极寒、中东地区的高温); 功率器件需从IGBT、碳化硅(SiC)向氮化镓(GaN)迭代以提升效率; 新材料方面, 探索镁合金、铝导线电机等新材料应用; 以及多工质兼容、千伏高压系统, 多合一集成压缩机等。

热管理集成模块: 持续推进轻量化与小型化。除金属结构外, 可探索碳纤维等非金属材料的应用; 针对R290冷媒的安全设计, 需做到低充注量、泄漏检测、泄漏抑燃阻断与主动灭

火。我们曾做过R290泄漏实验, 即便发生泄漏, 也必须有可靠的兜底方案。

电子水泵与水阀: 追求小型化、高效化与低流阻设计。

换热器: 在有限体积内提升换热效率。可通过应用石墨烯涂层、薄壁铝材、复合翅片等手段, 提高单体的换热性能。

阀体: 实现高精度响应控制, 兼容多冷媒。多通冷媒阀现在用的不多, 但行业已出现五通阀、六通阀等多通冷媒阀的应用趋势。

空调箱: 实现鼓风机的小型化、扁平化及多温区独立控制, 并探索碳纤维增强材料的应用, 以及左右舵、多工质兼容。

未来展望与产业链协同

2026年上半年, 我国汽车产销量已突破500万辆, 其中新能源出口占比超过46%, 全年出口量有望突破1000万辆。我们的热管理技术要具备全球竞争力, 有望成为汽车强国技术输出的主力军。中国汽车行业的崛起, 不是单一企业的胜利, 而是整个产业链的协同进化。

因此, 我们需要探索新型合作模式: 打破传统的“提需求—报价—谈判”的甲乙方博弈, 转向联合开发、平台共享、风险共担的模式, 借助新的合作模式来早日实现热管理产业的全球化领先。A

商务部、工业和信息化部、市场监管总局联合发布 《汽车行业境外竞争行为与合规建设指引》

文/车百国际

商务部、工业和信息化部、市场监管总局近日联合发布《汽车行业境外竞争行为与合规建设指引》（以下简称《汽车指引》）。这是我国首个针对特定行业的境外合规指导文件，旨在引导汽车行业企业规范境外竞争行为、加强合规建设，提高跨国经营能力和国际影响力。

我国汽车出海正经历爆发式增长。2026年前7个月，我国汽车出口量达614万辆，同比增长66.8%，已连续两个月站稳百万辆台阶。在国内汽车市场销量承压、内卷严重的背景下，越来越多的车企将海外市场作为第二增长曲线，提速全球化战略。多方预测，2026年全年我国汽车出口有望首次突破1000万辆大关。

然而，出口规模快速增长，并不等于全球化能力同步提升。随着销量呈爆发式增长，中国车企在海外市场也面临着竞争失序的风险。以泰国市场为例，部分中国车企产品轮番降价，引发已购车用户不满，泰国公共机构曾就此展开调查。汽车产品行销海外，代表的不仅仅是自己的品牌，更代表中国汽车集体形象。如果把国内价格竞争的逻辑简单复制到海外市场，为了销量相互压价，受损的不仅是自身品牌价值，还会拉低全球市场对中国汽车的整体认知。

更重要的是，当前世界百年变局加速演进，国际环境不确定性明显上升。欧盟征收反补贴税、美国的高关税政策、各国对本地制造和供应链安全的要求，都在改变中国汽车出海的成本和路径。越来越多中国车企和零部件企业在海外建厂、设研发中心，不断深化本地合作，这意味着出海面对的不仅仅是产品竞争，而是关税、合规、本地化、供应链安全、数据规则和产业政策叠加起来的一整套新环境。如何适应新环境新变化，在抢抓机遇的同时，管控好出海风险，既考验着中国车企的智慧，也需要行业达成共识。

此次《汽车指引》的发布不仅恰逢其时，也很有针对性。境外

市场竞争行为方面，《汽车指引》对整车及零部件企业定价策略、价格梯度设置、标价透明化，对促销活动、品牌宣传的管理都提出具体意见，鼓励中国汽车企业合理定价、有序竞争。境外合规经营方面，《汽车指引》构建起中国汽车企业出海全周期管理与经营框架：从出海前的产品评估、市场风险研判，到落地海外后的安全生产管理、售后服务保障、国际化人才队伍建设，再到运营过程中的数据安全管控、知识产权保护，以及反垄断合规建设等，形成了一条覆盖事前、事中、事后的全链条出海合规指南。

当然，作为一份“供企业参考”的指导性文件，能否真正遏制中国汽车在海外市场的无序竞争仍有待观察。但是，其释放的政策信号是清晰和明确的。中国汽车产业出海必须告别“低价叙事”，实现高质量发展。越是产业出海的上升期、爆发期，中国汽车越要打好本地化合规的根基。越是经营主体众多、市场竞争激烈，中国汽车越不能盲目以价换量，避免因多频次、大幅度价格波动影响品牌形象。

全球化是汽车产业的底色，也是汽车大国走向汽车强国的必经之路。但一国汽车产业的全球化发展从来不是坦途。我们唯有坚持共赢思维和长期主义，以过硬的产品质量和优质的服务，赢得海外消费者信任与尊重，方能不断提升中国汽车产业实力与品牌形象。真正的汽车强国，不能只看在海外卖了多少辆车，还要看培育了多少具有全球竞争力的世界知名品牌，掌握了多少行业关键核心技术与标准话语权，有没有推动和引领全球汽车行业更好发展。■

我国将实施汽车标准提升专项行动

文/王卫明

“市场秩序虽有好转，但是非理性竞争仍然存在。”工业和信息化部总工程师王卫明指出，当前汽车产业发展还存在一些不容忽视的问题和挑战，包括高端制程芯片、操作系统等还存在短板，新一代动力电池、自动驾驶等新技术的竞争也愈发激烈，国内消费需求不足，汽车制造业利润率持续走低。

工业和信息化部总工程师王卫明表示，当前，新一轮科技革命和产业革命深入推进，我国汽车产业也迎来提质增效转型升级的关键时期。为加强顶层谋划和各方协同，推动产业高质量发展，工业和信息化部牵头印发《智能网联新能源汽车产业发展“十五五”规划》，下一步，工信部将会同相关部门综合施策、精准发力，不断提升汽车产业创新力、竞争力、综合实力，加快推动汽车强国的建设。

加强技术创新

一是进一步加强技术创新，强化企业科技创新主体地位，支持上下游企业加快新材料体系、新工艺结构等研发应用，聚力突破车用芯片、全固态电池、操作系统、自动驾驶大模型等技术和产业化瓶颈，为产业的发展提供源源不断的内生动力。

扩大市场消费

二是进一步扩大市场消费，要实施好汽车“以旧换新”、新能源汽车下乡、县域充电设施补短板试点、氢能综合应用试点等举措，推进新能源重卡的规模应用，出台汽车改装管理办法，健全汽车出口保障体系，进一步激发汽车的消费潜力。

优化行业管理

三是进一步优化行业管理，要深入推进产品生产一致性和质量提升行动，守牢产品的安全底线，实施汽车标准提升专项行动，充分发挥标准引领产业升级的作用，优化积分管理政策，建



工业和信息化部总工程师 王卫明

立动力电池数字身份证制度，抓好账期优化工作落实，常态化整治网络乱象，以“钉钉子”精神规范行业竞争秩序。

深化开放合作

四是进一步深化开放合作，坚持国际化创新、全球化发展，反对各种形式的保护主义，推动国际标准规则互认，欢迎各国企业加大在华投资，深化合作，支持中外企业联合开展技术攻关，共享创新成果，共创产业生态，携手推动全球汽车产业转型升级。■

资本实体共建聚合智能开放产业生态

文/杜胜国（长江产业集团）

当前，以具身智能为代表的聚合智能产业正处在技术迭代加速、从实验室走向实景应用的关键阶段。聚合智能不仅仅是算法、大模型的技术聚合，更是技术、供应链、资本、场景多方要素的深度聚合。无论是人形机器人、智能无人装备，还是新能源商用车、电动智能船舶，本质都是“AI大脑+物理硬件本体”的融合。对此，长江产业集团党委委员、副总经理杜胜国分享行业思考及长江产业集团的产业实践。

产业要真正走通商业化落地，不能只追求单点技术突破，必须筑牢三电系统、感知器件、芯片、关键材料、“存算连感”这一套共性供应链底座。同时也要看到，产业链创新主体分散，创新成果与制造能力衔接不畅，不少科创企业有技术、缺制造载体，制造企业有工艺、缺前沿算法，单纯依靠企业个体很难补齐全链条短板，因此迫切需要构建开放共生的产业生态。

作为省级战略性新兴产业投资运营主体和省级产业投资基金投资管理主体，长江产业集团坚持以资本为纽带，聚焦国家战略和湖北现代化产业集群建设，推动资本与实体产业双向聚合。集团构建了“链长—链主—链投—链创”（1+N+1+1）的产业运营体系，这也是长江产业集团最核心的特色。这套产业运营管理体系也正是瞄准产业技术研发、试制、规模化量产链条的现实痛点，致力于打通创新端、制造端、资本端、应用场景之间的堵点而创建的。

第一，做强链主实体底座，夯实聚合智能硬件配套根基。长江产业集团将汽车及高端装备定位为“第一产业”，拥有三环集团、奥特佳、航特装备等七家链主企业，形成扎实的零部件制造底座。在精密轴承、热管理、轻量化结构件领域具备成熟规模化制造能力；在商用车电驱桥、电动助力转向等方向已实现样机下线与小批量试制，还同步布局高阶线控底盘等前沿技术攻关。同时立足技术同源、应用场景相似、供应链相通的特点，推动成熟零部件向聚合智能装备延伸，襄阳轴承攻关人形机器人关节高精度轴承，已经开展头部机器人企业供应链协同；奥特佳储能热管理技术面向机器人算力舱、大功率智能装备拓展等。

第二，发挥链投资基金聚合优势，打通“科创企业+制造产能”的衔接通道。用基金的纽带，把创新端、制造端、应用端拧



长江产业集团党委委员、副总经理 杜胜国

在一起，解决科创成果“落地难、量产难”的现实痛点，这是集团产业布局的突出特点。截至2026年6月末，集团投资金额超5500亿元，培育超330家上市公司、8家全球独角兽企业。这不是简单的财务投资，而是坚持“投资即是产业聚合开始”的理念，一方面助力企业技术迭代，另一方面推动芯片产品对接集团整车、零部件企业的真实应用场景；参与岚图、路特斯等整车项目投资，反向牵引了省内零部件配套体系升级。

第三，完善链创公共服务体系，为聚合智能产业提供配套支撑。统筹科研平台、人才、产业园区、绿色金融等资源，搭建“科技攻关、产业转化、金融赋能”的协同机制。一方面推动内部制造单元对外开放，面向聚合智能初创企业提供零部件试制、工艺验证条件；另一方面联动省内高校、科研院所，推动跨领域技术成果双向流动，助力新技术快速完成场景验证。 **A**

智能网联汽车宽体复合环境模拟系统设计

文/乐任箴 [中汽智造科技(天津)有限公司] 李程 [天津市永泰恒基投资有限公司] 刘洋 刘庆存 [中汽智造科技(天津)有限公司]

针对封闭实车测试设施在多交通参与者运行、全球导航卫星系统接收及雨雾逆光复现方面的需求,设计一种智能网联汽车宽体复合环境模拟系统。系统采用27.5 m完整交通断面,集成低电磁屏蔽围护、7档降雨、5档降雾、3类光场、循环水处理及场景闭环控制。材料级试验中,晴天空旷条件下玄武岩纤维箱体和金属箱体可见卫星数分别为40~50颗和20颗。100 mm/h雨强下理论连续供水时间为51.9 min;背景光和固定逆光仿真照度约2950 lx、2497 lx,移动逆光10 m处中心照度超过100 000 lx。结果表明,系统关键设计参数及工程校核结果满足相应设计要求。

智能网联汽车测评正由单项功能验证向复杂环境下的安全性与鲁棒性验证发展。雨、雾和逆光会改变光学传播与目标回波特征,导致摄像头成像、激光雷达点云及目标探测稳定性下降,是识别智能驾驶感知边界的重要环境变量。

复杂环境测试主要包括虚拟仿真、自然道路/场地试验和受控物理环境试验。虚拟仿真和场景要素提取可提高测试场景构建效率与针对性,但受传感器与环境模型精度限制,难以完全替代真实雨滴、雾滴和强光对实车传感器的物理作用;自然道路和室外场地能够保留真实车辆与环境交互,但受天气窗口、季节和安全条件制约,难以稳定满足场地试验对条件可控性与重复性的要求。因此,可稳定复现气象与光照条件的封闭实车测试设施具有重要价值。

国内外已围绕封闭场地测试、受控雨雾环境模拟、仿真测试场景生成、场地整车在环及场景化测试平台开展相关研究。中国新车评价规程(C-NCAP)2027年版和中国智能网联汽车技术规程(C-ICAP)2026年版进一步增加了雨雾、多目标等复杂场景。随着评价场景复杂化,测试设施除环境参数可控外,还需支持整车动态运行、多车交互和多因素协同加载。现有设施仍面临建筑结构遮挡及周围反射环境导致的全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)信号衰减、多径和非视距传播、道路断面受限、大尺度雨雾场与长距离方向性逆光稳定复现困难,以及长期循环运行引起环境模拟能力漂移等问题。

针对上述问题,本文设计一种智能网联汽车宽体复合环境模

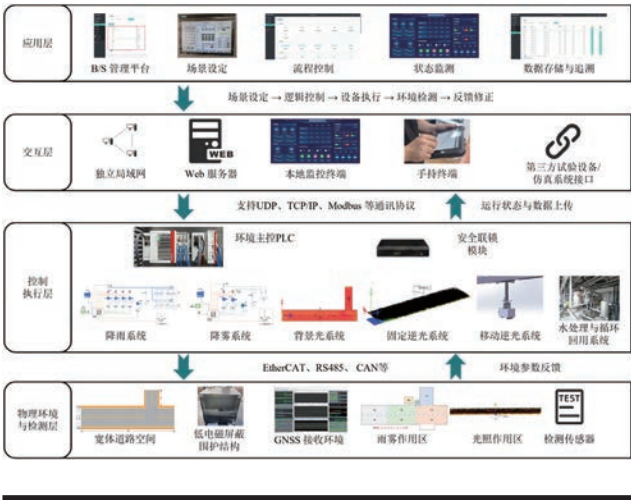


图1 智能网联汽车宽体复合环境模拟系统总体架构

拟系统。通过宽体道路空间与低电磁屏蔽围护结构协同设计兼顾多车交互和GNSS接收;采用分级雨雾、3类光场及分区反馈控制实现环境参数化复现;通过循环水分级处理降低水质变化对长期运行一致性的影响。在此基础上,对系统总体架构、关键技术与工程边界进行设计和校核。

系统总体架构与设计指标

复合环境模拟系统总体架构如图1所示，按照系统功能及信息交互关系划分为应用层、交互层、控制执行层和物理环境与检测层。应用层基于浏览器/服务器（Browser/Server，B/S）架构，实现试验场景设定、流程控制、状态监测及数据存储与追溯；交互层依托独立局域网完成指令与数据传输，并提供本地监控、移动终端及第三方试验设备和仿真系统接口；控制执行层以PLC为核心，对降雨、降雾、背景光、固定方向性逆光、移动式高亮逆光及水处理等设备进行协调控制和安全连锁；物理环境与检测层包括宽体道路空间、低电磁屏蔽围护结构、GNSS接收环境以及雨雾、光照作用区域和相应检测单元。系统通过环境参数及设备状态反馈形成“场景设定—逻辑控制—设备执行—环境检测—反馈修正”的闭环，各子系统可独立运行或协同加载，实现复合环境场景的重复调用。

系统主要设计指标根据智能网联汽车多交通参与者动态测试及雨、雾、逆光等复合环境模拟需求确定，具体见表1。

关键技术设计与工程校核

宽体测试空间设计

测试空间采用机动车道、非机动车道和人行区域组合布置，设置6条机动车道、2条非机动车道和2条人行区域，单条宽度分别为3.75 m、1.50 m和1.00 m，形成27.5 m完整交通断面，可满足被测车、目标车及行人、两轮车等交通参与者开展双向会车、并排行驶、车辆切入/切出和横穿等交互试验的空间需求。雨雾模拟区域主向长240 m，并设置50 m岔口，其中降雨区域横向覆盖机动车道及非机动车道，宽25.5 m；降雾区域覆盖27.5 m完整交通断面。根据环境模拟及分区控制需求，降雨区域划分为A1、A2、B1、B2、C1、C2和D共7个独立控制区，降雾区域划分为A、B、C和D共4个独立控制区，各区域可根据试验场景独立或组合运行。宽体测试空间及雨雾分区如图2所示。

低电磁屏蔽围护设计与GNSS材料级验证

GNSS信号易受建筑结构遮挡及周围反射环境影响，产生信号衰减、多径和非视距传播，进而影响车辆定位连续性与精度。为降低封闭建筑对车辆GNSS及组合导航系统的附加影响，从信号穿透、防火性能、结构强度、湿热适应性及施工性能等方面对候选围护材料进行比选，结果见表2。综合各项性能并参考玄武岩纤维复合材料在透波结构中的应用研究，选用玄武岩纤维复合材料作为测试区域主要围护材料。

为验证围护材料选型方向，采用箱体遮蔽方式开展材料级GNSS接收对比试验，比较无遮挡、玄武岩纤维箱体、金属箱体及

表1 系统主要设计指标

设计对象	主要设计指标
测试空间	6条机动车道、2条非机动车道和2条人行区域，完整断面宽27.5 m
建筑与GNSS	采用低电磁屏蔽围护设计，降低建筑结构对GNSS信号接收的附加影响
降雨模拟	主向长240 m、宽25.5 m，另设50 m岔口； 雨强10 mm/h、20 mm/h、30 mm/h、40 mm/h、50 mm/h、70 mm/h、100 mm/h； 雨滴粒径0.5~5 mm；均匀度≥80%
降雾模拟	主向长240 m、宽27.5 m，另设50 m岔口； 水平能见度<350 m、<150 m、<75 m、<50 m、<25 m； 雾滴粒径4~50 μm；均匀度≥80%
背景光	核心区域照度≥2800 lx；色温3000~8000 K；整体偏差≤±10%
固定方向性逆光	作用区域照度≥2200 lx； 色温3000 K±500 K； 光束发散角<15°
移动式高亮逆光	8 m处照度≥100 000 lx； 有效光斑直径约200 mm； 水平转动±90°、俯仰±30°
控制系统	支持雨、雾、光照等子系统独立控制和场景联动，并具备状态反馈、安全连锁及第三方接口

表2 典型候选围护材料关键性能比选

材料	信号穿透表现	防火性能	静曲强度/MPa	湿热及防水性能	施工性能
玄武岩纤维板	较好	A级	28.8	湿热稳定 防水防霉	可任意裁切
玻璃纤维板	较好	B1级	25	湿热易变形 不防水	可任意裁切
硅酸钙板	较差	A级	9	湿热变形 基础防水	可裁切
金属板	较差	A级	—	防水 存在锈蚀风险	加工难度较大

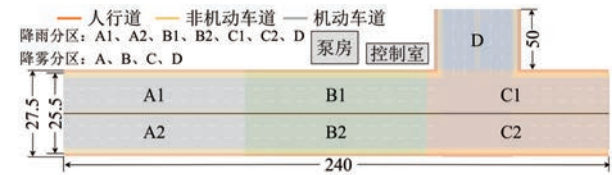


图2 宽体测试空间及雨雾分区

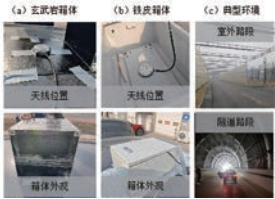


图3 材料级GNSS对比试验布置及典型环境

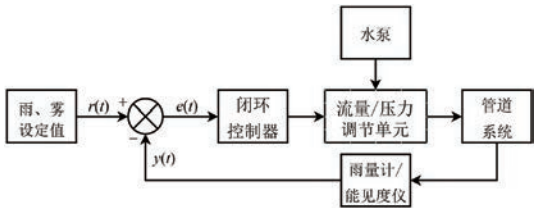


图4 雨雾系统反馈闭环控制原理

连续钢构遮挡条件下的卫星接收状态，试验布置及典型环境如图3所示，结果见表3。考虑不同天气及测试环境下卫星可见条件存在差异，试验重点比较相同或相近环境条件下不同遮蔽方式对GNSS接收状态的影响。

试验结果表明，晴天空旷条件下，无遮挡和玄武岩纤维箱体内存可见卫星数均为40~50颗，而金属箱体内存降至20颗，并伴随定位状态不稳定；雪天雨雾路段中，玄武岩纤维箱体内存可见卫星数为11颗，金属箱体内存进一步降至5~6颗。上述结果表明，与金属围护相比，玄武岩纤维围护对GNSS信号接收的影响较小。连续屋顶钢构条件下未能接收到可见卫星，说明除围护材料外，大面积连续金属结构也是影响GNSS接收的重要因素。因此，GNSS环境评价不宜仅依据围护材料本身，还应综合考虑主体钢构布置及建筑整体遮挡条件。

据此，测试建筑采用“低屏蔽围护材料+减少连续金属遮挡”的设计思路，以玄武岩纤维复合材料作为主要围护材料，并在结构设计中减少测试区域上方及周边连续金属构件对卫星信号传播路径的遮挡。本节试验用于验证围护材料选型及建筑构造设计方向，不替代全尺寸建筑GNSS性能评价；系统建成后可结合载噪比、可见卫星数、定位解状态、定位误差及动态轨迹连续性等参数对实际GNSS可用性进行综合评价。

表3 材料级GNSS接收典型对比试验结果

遮蔽条件	天气条件	测试环境	可见卫星数	主要现象
无遮挡			40~50	基准工况
玄武岩				
纤维	晴天		40~50	与无遮挡状态接近
箱体				
金属箱体		空旷场地	20	差分及定位状态出现波动
无遮挡		12		基准工况
玄武岩				
纤维			12	与无遮挡状态接近
箱体				
玄武岩				影响小于金属箱体
纤维	雪天	雨雾试验	11	
箱体		路段		
金属箱体			5~6	可见卫星数明显减少
玄武岩				
纤维				
箱体		钢构隧道	0	连续钢构遮挡影响显著

表4 分级降雨喷嘴配置

目标雨强/mm·h ⁻¹	喷嘴型号	数量/个	典型点位间距/m
10	1/8HH-2.8W	1 070	2.5×2.5
20、30、40	1/4HH-14W	650	3.3×3.3
50、70	3/8HH-24W	650	3.3×3.3
100	1/2HH-35W	650	3.3×3.3

分级降雨模拟设计

智能驾驶雨天测评需要覆盖不同雨强及雨滴特性，以评价降雨条件下车辆感知性能变化。基于上文所述7个降雨控制区，系统设置10 mm/h、20 mm/h、30 mm/h、40 mm/h、50 mm/h、70 mm/h和100 mm/h共7档目标雨强。降雨系统采用雨量反馈闭环控制，目标雨强 $r(t)$ 与雨量计实测雨强 $y(t)$ 形成控制偏差 $e(t)$ ，闭环控制器根据偏差调节流量/压力调节单元，改变管网供水状态，使实测雨强趋近设定值。雨雾系统闭环控制原理如图4所示。

不同雨强采用4种实心锥喷嘴分级配置，共设置3020个喷嘴，具体参数见表4。喷嘴离地6.5 m并采用矩阵式布置，设计雨滴粒径为0.5~5 mm；所选喷嘴在不同压力和流量条件下形

成的雨滴粒径约为0.5~4.3 mm。通过不同喷嘴组合匹配各档雨强，可减小单一喷嘴大范围变压调节对流量、雨滴粒径及喷雾形态的影响。

系统设计降雨均匀度不低于80%，并对启动响应、最大供水能力及悬挂荷载进行工程校核。单区管道容积约10.6 m³，泵组最大供水流量约260 m³/h，理论充水时间约147 s，小于空管状态180 s的启动要求；管道预充水状态下设计要求10 s内开始降雨，并在30 s内达到稳定雨强。100 mm/h最大雨强下，按最大等效覆盖面积7 395 m²计算，理论需水流量为739.5 m³/h；储水池容积按800 m³、有效利用率按80%计算，可利用水量为640 m³，在不计实时回收和外部补水条件下，理论连续供水时间约51.9 min，大于45 min的设计要求。降雨设备单位面积悬挂质量约25.8 kg/m²，低于30 kg/m²的设计限值。

上述计算表明，系统空管启动、最大雨强供水及悬挂荷载满足工程设计边界。雨强、空间均匀性、雨滴粒径以及预充水状态下的动态响应等性能将在系统调试阶段通过多点测量进行实测标定。

分级降雾模拟设计

为覆盖智能驾驶不同低能见度测试工况，系统结合QX/T 111—2010及测试需求，设置水平能见度分别小于350 m、150 m、75 m、50 m和25 m的5档典型目标工况。基于上文所述4个降雾控制区，各区域可根据试验场景独立运行或组合加载。

系统采用分区分网和雾化喷嘴构建雾场，共配置B1/8HJ型喷嘴3050个，设计雾滴粒径为4~50 μm。降雾系统采用与图4相同的反馈闭环结构，以目标能见度作为设定量、能见度仪实测值作为反馈量，闭环控制器根据二者偏差调节供雾流量及管网压力，使实测能见度趋近目标值。

系统设计接收指令后2 min内开始降雾，10 min内建立目标能见度雾场，稳定保持时间不少于10 min，空间均匀度不低于80%。考虑初始温湿度、空气流动及雾滴空间输运等因素对雾场形成的影响，系统调试阶段采用多点测量方法，对各档目标能见度、空间均匀性、建场时间及重复性进行实测标定。

复合光照模拟设计

为覆盖大范围环境光、长距离低角度方向性逆光及局部高强度直射等光照工况，系统设置背景光、固定方向性逆光和移动式高亮逆光3类互补光场，可独立运行或组合调用，主要设计参数见表5。

背景光采用LED阵列及大角度配光，通过多点光束叠加形成连续面状光场；固定方向性逆光采用LED光源及基于全内反射（total internal reflection，TIR）原理的窄角度透镜，通过可调支架形成低角度、方向明确的直射光场。背景光主要测试区域地

表5 复合光照系统主要设计参数

子系统	光学方案	主要设计指标
背景光	可调色温LED阵列 大角度二次配光 共462个光源模块	核心区照度≥2800 lx； 色温3000~8000 K； 整体偏差≤±10%
固定方向性逆光	LED光源模组426个 配TIR窄角度透镜及可调支架	作用区照度≥2200 lx； 色温3000±500 K； 光束发散角<15°
移动式高亮逆光	短弧氙灯、抛物面反射镜、导轨 及电动云台	8 m处照度≥100 000 lx； 有效光斑直径约200 mm； 色温3000±500 K或6000±500 K； 横转±90°、俯仰±30°

面照度约2950 lx、均匀性约91%，满足核心区地面照度不低于2800 lx的设计要求；固定方向性逆光在200 m×12 m作用区域内地面平均照度约2497 lx、均匀性约94%，满足地面照度不低于2200 lx的设计要求。仿真结果表明，所采用的光源布置及配光方案能够满足相应作用区域的照度设计指标。

针对局部高强度、小光斑直射工况，移动式高亮逆光采用短弧氙灯与抛物面反射镜组合，将高亮度点光源布置于抛物面反射镜焦区，利用其反射准直特性形成小发散角高强度光束，提高远距离光能集中程度。光学仿真结果如图5所示，在10 m距离处形成的高照度光斑直径约200 mm，中心区域照度超过100 000 lx，在大于设计评价距离的条件下仍满足8 m处照度不低于100 000 lx的设计要求。系统通过导轨和电动云台实现横向移动以及±90°水平转动、±30°俯仰调节，并通过位置锁定和参数记忆提高光照位置与方向的重复性。

3类光场分别承担大范围环境照明、长距离方向性逆光和局部高强度直射功能，可根据测试场景独立或组合加载。由于雨雾介质散射、光束入射方向及环境表面反射等因素会影响复合工况下的实际光场分布，各子系统独立仿真结果不宜直接进行线性叠加。系统调试阶段需采用网格化测量方法，对典型单一及组合工况下的照度、色温、空间均匀性和重复性进行实测标定。

循环水处理与回用设计

雨雾模拟系统耗水量较大，循环运行过程中水质变化易引起喷嘴堵塞、结垢并影响雨雾发生性能。针对降雨与降雾对用水水质要求的差异，系统采用“统一回收—分级处理—循环回用”的水处理方式，雨雾模拟产生的回水统一收集，并根据不同用途进行分级处理。

雨雾试验回水经集水沟汇入污水池，经过滤及加药处理后进入净水池，并通过酸碱调节使pH保持在6~8。净水池处理水直接供降雨系统循环使用；降雾用水则在此基础上进一步进行软化、

反渗透及除菌处理，处理后进入纯水箱并供降雾系统使用。污水池、净水池和纯水箱均设置液位监测，并与市政补水及系统供水联动，同时设置市政排水以及水池排空、清洗功能。通过对降雨和降雾用水实施分级处理，在实现循环回用的同时，可降低水垢、杂质及微生物对喷嘴和管路运行状态的影响，为雨雾环境长期重复运行提供水质保障。

场景控制与系统联动

为实现复合环境工况的重复调用，系统将目标雨强、目标能见度、背景光亮度与色温、固定方向性逆光状态以及移动式逆光位置与姿态等参数纳入场景管理，形成可保存和调用的场景模板。场景调用后，环境主控PLC解析设定参数，协调降雨、降雾和光照等子系统及相关执行机构运行。雨量、能见度、照度、色温等环境参数以及设备运行状态实时反馈至控制系统，由PLC根据反馈结果对相应输出进行修正，形成“场景参数设定—PLC控制—环境加载—状态检测—反馈修正”的闭环，如图6所示。

系统采用“先安全确认、后允许输出”的联锁逻辑，对泵组、电气回路及运动机构设置过载、短路、漏电、限位和急停等保护。当出现急停触发、限位或锁定异常、设备过温、电源异常或通信中断时，PLC禁止相关设备继续输出，并记录报警及故障状态。系统设计实时数据输出频率为100 Hz，场景参数、环境测量值、设备状态及故障信息同步记录，为工况重复调用、数据追溯及外部试验数据关联提供基础。

总结

(1) 设计了一种面向智能网联汽车复杂环境实车测试的宽体复合环境模拟系统。系统采用27.5 m完整交通断面，将低电磁屏蔽围护、分级雨雾、复合光照、循环水处理及场景闭环控制进行协同设计；雨雾模拟区域主向长240 m并设置50 m岔口，降雨和降雾分别划分为7个和4个独立控制区，可满足多交通参与者及多环境因素组合加载需求。

(2) 提出了低电磁屏蔽围护设计方案，并通过材料级GNSS对比试验验证围护材料选型方向。晴天空旷条件下，玄武岩纤维箱体内可见卫星数为40~50颗，与无遮挡工况接近，而金属箱体内降至20颗；雪天雨雾路段中两者分别为11颗和5~6颗。连续钢结构遮挡条件下卫星接收显著恶化，表明围护材料选择需与主体钢结构及连续金属构件布置协同考虑。

(3) 构建了分级雨雾模拟及反馈闭环控制方案。降雨系统设置10~100 mm/h共7档目标雨强，降雾系统设置水平能见度分别小于350 m、150 m、75 m、50 m和25 m的5档典型工况，并分别以雨强和能见度作为主要反馈量进行闭环调节。100 mm/h最大

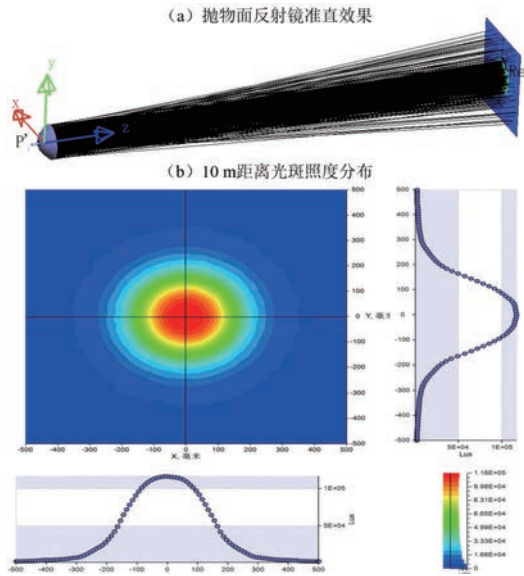


图5 移动式高亮逆光准直及照度仿真结果

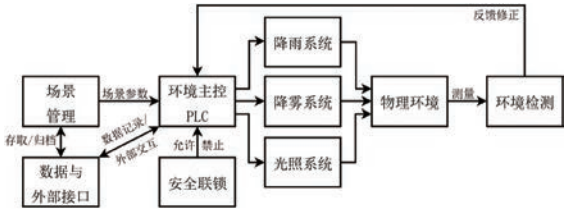


图6 复合环境场景控制与反馈闭环

雨强下，理论需水流量为739.5 m³/h；按800 m³储水池及80%有效利用率计算，理论连续供水时间约51.9 min，大于45 min的设计要求。

(4) 构建了背景光、固定方向性逆光和移动式高亮逆光3类互补光场。光学仿真结果表明，背景光主要测试区域地面照度约2950 lx、均匀性约91%，固定方向性逆光作用区域地面平均照度约2497 lx、均匀性约94%，均满足相应设计指标；移动式高亮逆光在10 m处可形成直径约200 mm、中心照度超过100 000 lx的高强度光斑。结合循环水分级处理、场景管理及安全联锁设计，形成了雨、雾和光照子系统的统一管理与组合调用方案，为智能网联汽车复杂环境实车测试设施的工程设计与建设提供参考。A

基于博弈论的新能源汽车停车问题研究

文/凤明 黄春梅 韩建通 (广东理工学院)

新能源汽车保有量的持续增长,使城市停车问题呈现出与燃油汽车时代截然不同的面貌。停车行为与充电行为深度耦合,充电车位的稀缺性、停车者电量状态的差异、充电完成后的滞留行为,共同构成了新型的停车矛盾。本文运用博弈论的基本思想,分析的方式构建新能源汽车停车博弈框架,考察停车者之间以及停车者与管理方之间的策略互动。结果表明,停车者的占而不充、充满滞留的行为源于收益结构的激励扭曲,管理方通过超时占位费与信息公开等手段,可以改变停车者的预期收益,引导停车与充电行为走向更有效率的均衡。

近年来,我国新能源汽车保有量快速攀升,充电基础设施的规模也在同步扩大。然而,停车难与充电难并没有随着设施数量的增长而消失,反而以更加复杂的形式交织在一起。随着新能源汽车产业的发展,汽车的充电问题也对停车场的规划提出了要求。由于充电桩的安装成本较高,如何平衡新能源汽车的充电需求与停车场的成本成为了停车场管理者关心的问题,根据生活中实际情况,停车场中普通汽车通常不收费,而新能源汽车一旦停至新能源汽车位即开始收费,由于新能源汽车停车收费,所以新能源车位通常建于停车场较便利的位置。城市中心区、居民小区和公共停车场中,充电车位在高峰时段一位难求,普通车位旁却常有闲置;充电完成的车辆迟迟不驶离,后来者只能排队等待;部分燃油汽车占据充电车位,引发车主之间的摩擦。这些现象说明,新能源汽车停车问题已经不是单纯地找个地方停,而是演变为在合适的车位、以合适的时机完成停车与充电的复合决策问题。

博弈论作为经济学的重要理论,能够有效解决多方利益分配不均的问题,通过识别博弈主体的合作机会从而实现多方主体共赢的结果,因此,不少学者开始引入博弈论研究交通领域的问题。博弈论作为研究多决策主体在相互影响下行为选择的理论工具,对停车问题的分析具有天然的解释力。停车者之间围绕稀缺车位展开的竞争,以及停车者与管理者之间围绕价格与规则进行的互动,均构成典型的博弈场景。既有研究已对一般性停车问题开展了大量博弈分析,但新能源汽车停车场景中所涉及的充电耦合、电量异质与占位滞留等特征,尚未得到充分刻画。围绕这一问题,本文首先剖析新能源汽车停车问题的特殊性,基于博弈思想探讨系统均衡形态及关键参数的影响机理,最后提出对应的管理对策与建议。

从研究意义来看,该问题兼具现实紧迫性与理论价值。现实层面,充电车位配置失衡引发诸多矛盾,既降低新能源汽车用户出行体验,也削弱消费者购车意愿,制约绿色交通推广。理论层面,现有停车博弈研究多假设停车者同质、车位功能单一,而新能源汽车附加的充电约束,为博弈论在交通管理领域提供了新场景。因此,专门研究新能源汽车停车问题,既可满足现实管理需求,也能够拓展停车博弈的研究视角

新能源汽车停车博弈的特殊性分析

停车与充电的耦合改变了博弈的时间维度。传统汽车停车者占用车位的目的只是停车,离开时间完全由自己的日程决定。新能源汽车停车者的停车行为则同时包含补能需求,其占用车位的时间由充电所需时间和充满后滞留时间两部分构成。这意味着停车时长不再是外生的,而是内生于车主的充电决策,博弈的时间结构由此发生根本变化。

停车者的高度异质改变了博弈的参与者结构。传统停车者之间的差异主要体现在到达时间和停车时长偏好上。新能源汽车停车者则多了电量状态这一关键维度:剩余电量高与低的驾驶者,面对同一充电车位时的紧迫程度截然不同;家中是否拥有私人充电桩,也会改变其对公共充电车位的依赖程度。这种异质性使停车者不再是同质的竞争者,而是分化为不同紧迫程度的群体。

充电车位的稀缺与滥用改变了博弈的策略空间。停车位分为普通车位与充电专用车位两类,充电车位数量有限,且存在两类典型的资源滥用行为:燃油汽车占用充电车位,以及新能源汽车占用充电车位却并不充电,即占而不充。这些行为使充电车位的实际利用率远低于名义数量,也使得停车者之间的策略互动更加复杂。充满滞留与排队等待改变了博弈的冲突形态。传统汽车停

车超时主要影响车位周转，而新能源汽车充完电不驶离，直接剥夺了后来者的充电机会，形成充满滞留与排队等待的尖锐冲突。充电桩的周转率因此成为衡量停车管理效率的重要指标。管理工具的丰富改变了博弈的协调空间。传统停车管理主要依靠停车费一个价格杠杆。新能源汽车场景下，管理方可以同时运用停车费、充电费、超时占位费、峰谷电价等手段，还可以引入预约机制、油电分区等规则，政策工具箱明显扩大。

上述差异并非彼此孤立，而是相互交织：充电耦合决定了时间维度的复杂性，电量异质决定了需求层次的多样性，资源滥用与充满滞留决定了冲突的具体形态，管理工具则提供了协调冲突的可能性空间。正是这种相互交织的结构，使新能源汽车停车博弈区别于一般停车博弈，也使得既有的一般停车博弈结论难以直接套用。针对充电约束重新构建分析框架，既是回应当前停车管理现实矛盾的迫切需要，也是博弈论在这一新兴场景中发挥解释力的必然要求。

博弈过程分析

博弈包括参与人、参与人的偏好、信息、可获得的策略行动和支付函数。博弈的双方通过调整、选择自身的策略来追求最大效用。本文所构建的分析框架将新能源汽车停车博弈抽象为两类参与人之间的策略互动。一类是需要占用车位与充电桩的新能源汽车停车者，另一类是负责车位与充电设施运营管理并制定价格与规则的管理方。停车者内部又按电量状态区分为低电量与高电量两类，以体现紧迫程度的差异。

从策略维度看，停车者的策略空间包含车位类型选择、充电决策、充电后是否滞留占位以及是否接受预约；管理方的策略涵盖停车费、充电费、超时占位费定价，以及峰谷电价实施、充电车位预约功能的开放与否。收益结构是解析博弈行为的核心。停车者停车充电的净收益，为停车充电效用扣除停车费、充电电费、时间成本与占位惩罚后的剩余。其中时间成本包含排队等待成本与续驶焦虑成本，低电量停车者的续驶焦虑成本远高于高电量群体，因此同一价格对不同电量用户会形成差异化约束。管理方以车位与充电设施综合运营效率为目标，兼顾收费收入、车位周转率与停车者满意度。管理方先行发布价格与管理规则，停车者在获取规则信息后，结合自身电量与充电紧迫程度做出停车充电决策，该设定贴合现实决策逻辑，便于分析价格政策如何调整停车者预期收益，进而引导主体行为。

本研究中的均衡具备明确内涵：纳什均衡指在其它主体策略不变时，单个停车者无法通过单独改变策略提升自身收益；主从博弈均衡则要求管理方在预判停车者最优反应的基础上，制定最

优定价方案。通过剖析不同场景下博弈收敛的稳定状态，能够揭示价格与管理规则对停车者行为的引导机理。在信息结构方面，本文假设停车者无法完全掌握充电车位占用状态、排队长度等信息，而管理方可借助信息公开手段，改善该信息不对称局面。

本通过剖析不同场景下博弈收敛的稳定状态，能够揭示价格与管理规则对停车者行为的引导机理。在信息结构方面，本文假设停车者无法完全掌握充电车位占用状态、排队长度等信息，而管理方可借助信息公开手段，改善该信息不对称局面。

上述设定并非脱离实际的假设，而是现实场景的简化提炼。停车者选择普通车位或充电车位、接受预约与否，分别对应场内停车决策与现有充电桩预约服务；管理方定价与规则设计，契合运营主体的现实权衡。模型简化旨在突出核心矛盾：在充电车位稀缺条件下，不同收益结构如何影响主体行为，以及规则如何通过收益结构发挥调控作用。

均衡结果分析

停车者之间的占位博弈均衡

首先考察停车者之间围绕充电车位的静态博弈。当充电车位供给小于有充电需求的车位需求时，低电量停车者选择充电、高电量停车者选择普通车位，通常构成一种相对稳定的均衡状态。其内在逻辑在于，低电量停车者因续驶约束而具有更强的充电紧迫性，因而愿意承担较高的费用与等待成本；高电量停车者则在权衡等待成本与充电收益后，理性地放弃充电车位，以避免无谓的时间损耗。这一均衡形态在相当程度上解释了现实中充电车位主要由低电量车辆使用的普遍现象。然而，在缺乏外部约束的条件下，另一种均衡同样可能出现，即高电量车辆占据充电车位而不实施充电，低电量车辆则被迫排队或放弃充电。这一结果的成因仍在于收益结构的不对称：占而不充的车辆仅承担停车费用，却占用了本应配置给充电需求者的稀缺资源，其行为在个体层面符合理性逻辑，在整体层面却导致了资源配置的效率损失。由此



可见，仅依赖停车者之间的自发博弈，充电车位难以实现有效配置，管理方的规则介入因此成为必要。

管理方定价下的主从博弈均衡

管理方介入后，博弈的核心转变为价格参数如何重塑停车者的行为选择。若管理方仅收取统一的停车费，充电车位与普通车位的使用成本并无差异，占而不充与充满滞留行为便缺乏内在约束，车位配置仍将停留于低效率状态。当管理方对充电车位的超时占用收取惩罚性费用，即引入超时占位费后，停车者的滞留成本随之上升，充满后立即移车逐渐成为更多停车者的占优策略，充电桩的周转率亦因此得到提升。峰谷电价的作用机理与此类似，其本质在于通过调整不同时段的充电价格改变停车者停入充电车位的净收益。高峰时段的高电价促使非紧迫停车者推迟充电，低谷时段的低电价则吸引错峰充电，停车需求由此在时间维度上实现重新分布，高峰时段的排队冲突得以缓解。需要指出的是，价格工具的有效性以停车者的异质性为前提，正是低电量与高电量停车者在时间成本敏感程度上的差异，使同一价格信号产生了差异化的分流效果。

排队与信息不对称博弈均衡

除价格参数外，排队与信息问题同样构成影响均衡形态的重要变量。在信息不完全的条件下，停车者难以准确预知充电车位的占用状态，由此可能引发两类典型后果：高估空闲程度时，大量车辆集中驶向充电车位，形成无效排队；低估空闲程度时，部分车辆宁可绕行远路亦不愿尝试充电车位，导致资源闲置。这两类情形均源于信息不对称所引致的预期偏差，而非充电能力本身的不足。管理方通过实时发布桩位状态、排队长度与预计等待时间，能够有效矫正停车者的预期，使实际到达与真实供给趋于一致。在此基础上，关键参数变化对均衡的影响可从四个维度加以考察。就超时占位费而言，其水平上升可减少充满滞留行为、提高充电车位周转率，但过高的费用亦可能促使部分停车者放弃公共充电，转而依赖私人充电或延迟充电，因此费率设定需与当地充电便利程度相匹配。就峰谷电价差而言，其扩大可增强错峰充电的吸引力、缓解高峰排队现象，但电价差过大可能引发低谷时段充电车位的集中挤占，形成新的拥堵。就充电车位配比即桩位比而言，其提高可降低稀缺性、削弱占而不充行为的收益动机，从而改善均衡效率，但车位配比受制于场地条件与电网容量，存在现实上限。就信息公开程度而言，其提高有助于停车者预判桩位占用与排队状况，减少盲目驶入与无效等待，使博弈的信息结构更加透明，均衡效率相应改善。

四类关键参数的变动会显著影响博弈均衡效率：超时占位费提升可有效减少车辆滞留、提高车位周转率，但费率过高会迫

使车主放弃公共充电，需结合区域充电条件合理设定；扩大峰谷电价差能够引导错峰充电、缓解高峰拥堵，但价差过大会造成低谷时段车位扎堆拥堵；提高充电车位配比可降低资源稀缺性，抑制占而不充行为，但其优化效果受场地空间与电网容量限制；提升信息公开透明度，能够帮助车主理性决策，减少无效出行与排队，持续优化博弈均衡状态。上述分析显示，新能源汽车停车博弈的均衡状态并非唯一，管理方通过价格与信息工具，可以在不同均衡之间进行选择，引导系统向高效率状态移动。

结论与管理建议

本文以新能源汽车停车问题为对象，运用博弈论分析框架，定性探讨充电耦合、电量异质、占而不充、充满滞留等特征对停车博弈结构的影响。分析表明：新能源汽车停车博弈存在多重均衡，停车者个体理性行为易引发车位配置整体低效；管理方可通过调整停车主体收益结构，引导系统向高效均衡演化。据此提出如下管理建议：

(1) 建立充电车位超时占位收费制度。对充电完成后未按时驶离的车辆收取阶梯式占位费，使滞留成本显性化，从而直接削弱充满滞留行为的收益基础。该措施是提高充电车位周转率最为直接的政策工具。

(2) 实施峰谷电价并适度拉大价差。利用不同电量状态停车者在价格敏感性与时敏性上的差异，引导非紧迫性充电需求向低谷时段转移，缓解高峰时段的排队冲突，实现充电负荷在时间维度上的再平衡。

(3) 推行充电车位预约机制。预约机制使停车者得以预先锁定充电机会，降低盲目到场引致的无效排队，同时为管理方收集需求信息、优化车位调度提供数据依据。

(4) 实行油电分区与合理的桩位配比。在停车场内明确划分普通停车区与充电停车区，从规则层面防止燃油汽车占用充电车位；同时依据充电需求密度配置充电车位比例，避免资源闲置与供给不足并存的结构性失衡。

(5) 提升车位与充电设施信息的透明度。通过停车诱导系统与充电平台实时展示桩位占用及排队状态，缓解信息不对称，帮助停车者做出更为理性的选择，从源头上减少无效流动。

本文以定性推理为主，缺少严格数学建模与实证检验，存在一定局限性。后续研究可将换电、自动驾驶、共享出行纳入博弈框架，依托真实运营数据标定参数，进一步探究充电基础设施规划与停车管理的协同优化策略。**A**

基金项目：广东理工学院校级青年项目“基于演化博弈的城市中心区公共停车管理研究”（项目编号：2026QNZK041）。

汽车钢管捆扎及转运一体式设备关键部件设计与疲劳寿命研究

文/王涵宇(四川万圣通实业有限公司) 张开兵 林波(四川万圣通精密机械制造有限公司)

伴随着汽车轻量化、安全性提高的趋势,高强度钢管在底盘等部件里的应用越来越广泛。国内中小型企业大多采用人工与行车相结合的半自动化打包方式,存在劳动强度大、效率低、有安全隐患等问题。要实现少人高效化,研发自动捆扎与转运一体化设备成为必然趋势,然而这类设备需要承受巨大交变和冲击载荷,容易致使疲劳断裂。本文将某型汽车钢管捆扎转运设备当作研究对象,从结构设计开始一直到静力学分析、载荷谱编制、疲劳寿命优化的整个流程都进行研究,目的是提高设备运行可靠性与设计科学性,给予技术支撑。

一体式设备总体方案设计

汽车钢管物料特性与作业工况分析

汽车钢管具备长径比大、表面光滑、材质强度高等特点。本设备处理的典型物料参数设定如下:钢管长度范围为2000~6000 mm,单根外径范围是 $\Phi 20$ mm~ $\Phi 80$ mm,单根壁厚在1.5~4.0 mm之间。汽车管件对表面质量要求很高,在捆扎与转运过程中严禁出现表面划伤或者挤压变形情况。依照企业生产节拍要求,设备要每3 min完成一捆(大约1000 kg)钢管的收集、打带捆扎、跨度为5 m的转运作业。作业工况环境常常伴有金属粉尘、油污,并且设备需要满足每天24 h连续不间断运行,全年工作天数超过300天。这种高频率、大负载、连续作业的恶劣工况,对设备的整体刚度、运动平稳性、关键部件的疲劳寿命都提出了非常严格的要求。

设备总体设计要求与功能模块划分

依据物料特性、工况条件,一体式设备的总体设计要达到高集成度、高可靠性、柔性化的要求,在较小的空间里融合集料、打带、搬运功能,承载结构要有足够的强度和抗疲劳性能,能够适应多种规格的钢管包。把设备划分成五个模块:V型集料对齐模块、自动捆扎执行模块、抓取转运机械臂模块、龙门承载机架模块、电气气动控制系统模块,从而实现全流程自动化控制与安全联锁。

一体式设备工作原理与总体方案确定

本研究中设备的工作流程是这样的,首先钢管进入V型槽,接着气缸去调整管端,等到达到预设的数量或者重量之后,就会自动进行捆扎操作,利用PET塑钢带或者钢带来实现固定,之后

借助机械臂让管束在Z方向实现起升,在X方向完成平移。当定位到指定位置后,管束会被放置下来,而机械臂则会返回到初始位置。该系统采用的是大跨度龙门式直角坐标机器人结构,以此来保证重载时的稳定性和精度。

一体式设备关键部件结构设计

钢管自动捆扎执行机构设计

捆扎执行机构是实现物料紧固的关键所在。本设计选用模块化高频摩擦熔接打带机头,与可开合的铝合金导轨相互配合。针对汽车钢管表面光滑这一特性,对捆扎带的张紧力控制显得极为重要。机构内部设有由750 W交流伺服电机驱动的拉紧轮,其最大拉紧力能够达到3000 N。为防止大拉紧力致使外围钢管变形,设计了基于扭矩反馈的柔性张紧控制结构。机头框架采用高强度铸铝合金来制造从而减轻运动惯量,内部传动凸轮、摩擦块选用Cr12MoV模具钢并且经过真空热处理,以此保证其具备耐磨寿命。可开合导轨由气缸驱动,在物料进入时处于张开状态,进行捆扎时闭合并形成封闭圆环,导轨内部镶嵌有超高分子量聚乙烯(UHMW-PE)耐磨条,用以确保穿带过程顺畅。

抓取与转运机械臂/机构设计

抓取转运机械臂是承载重量最大的、受力最复杂的运动部件。其结构由Z向起升立柱、导向滑板、重载直线导轨、末端夹持器组成。针对最大1000 kg的载荷情况,Z向采用双立柱同步提升设计。立柱是用壁厚为8 mm的Q345B矩形钢管焊接而成,内部布置有导程为20 mm的大推力滚珠丝杠。末端夹持器设计成仿形V型夹爪,夹爪内侧硫化有一层厚度为10 mm的聚氨酯弹性体垫

片，这样做的好处是增大夹持摩擦系数，防止管束在高速急停时因为惯性而滑落，还能避免对钢管表面造成机械划伤。夹爪的开合由双作用大缸径气缸配合肘杆扩力机构驱动，并且具备机械自锁功能，确保在意外断气断电的情况下夹爪不会松开，从而防止管束掉落。

主承载机架与驱动系统设计

主承载机架要贯穿整个作业区域，其设计跨度是6000 mm，高度为4500 mm，采用的是两柱一梁的龙门结构形式。主梁也就是横梁选用双H型钢（规格为HM400 x 300），并排拼焊而成，中间还增设了加强筋板以此提高抗扭、抗弯截面模量。立柱采用大截面方管，固定在车间地基的预埋件上。X向平移驱动系统安装在主梁顶部，采用“伺服电机+行星减速机+高精度齿轮齿条”的驱动方案。由于负载重量较大且要求运行速度快（最高速度为1.2 m/s，加速度为1.5 m/s²），所以在横梁上布置了两条重载滚柱直线导轨（比如THK SRG65），来承受多方向的联合弯矩和倾覆力矩。

关键部件的三维建模与干涉检查

当结构原理、尺寸参数得以明确之后，便运用SolidWorks三维CAD软件从下而上地对各个零部件展开全参数化实体建模操作，进而进行整机虚拟装配。因为一体式设备内部动作非常密集，特别是抓取机械臂下降夹取动作与捆扎导带轨退回动作之间存在空间交叠状况。借助软件的运动学仿真、碰撞干涉检查功能，模拟出设备完整的工作时序。经检查得知，在初始设计里，机械臂夹爪张开时最外侧边缘在下降阶段会与未完全退回的打带机头外壳产生轻微干涉（干涉量大约为5 mm）。通过调整机头退位气缸的行程并且对夹爪外侧倒角，成功消除了几何干涉，确保了动作执行的安全且顺畅。

关键部件静力学分析与载荷谱编制

有限元模型的建立与网格划分

在进行疲劳分析之前，要先对关键部件在极限工况下的静力学强度、刚度展开评估。把SolidWorks里建好的三维模型导入ANSYS Workbench平台来进行有限元前处理。为了提高计算效率同时不降低分析精度，对模型进行合理简化，去掉螺栓孔、倒角、非承载的小型安装支架等微小特征，并且将螺栓连接和部分螺纹副简化为Bonded（绑定）接触，把运动副简化为Joints（铰链）连接。材料统一赋为Q345B低合金高强度结构钢，其弹性模量 $E=2.06 \times 10^5$ MPa，泊松比 $\mu=0.3$ ，屈服强度 $\sigma_s=345$ MPa，抗拉强度 $\sigma_b=470$ MPa，密度 $\rho=7850$ kg/m³。网格划分选用二阶四面体单元（SOLID187），在连接端板、变截面区域、焊接筋板等应力梯度较大的地方进行网格局部细化处理，其网格尺寸设定为2 mm，

在整个模型中全局基础网格尺寸为10 mm。最终生成的有限元模型大约有65万个节点、38万个单元，通过网格质量检查得知雅可比比例均大于0.7，符合高精度有限元计算的要求。

典型极限工况下的静力学仿真分析

一体式设备最危险的受力状态发生在机械臂满载（即管束重量达到极限1200 kg）且以最大加速度进行紧急制动或起步提升的瞬间。考虑到动力学冲击效应，引入动载系数 $K=1.5$ 。作用于机械臂夹爪上的总载荷 $F=1200 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} \times 1.5=17640 \text{ N}$ 。在ANSYS中施加约束条件：将主跨横梁两端底部设置为Fixed Support（固定支撑），并对整体模型施加 9.8 m/s^2 的重力加速度。将计算得到的动态当量载荷均匀施加在夹爪内表面的接触面上。求解后得到设备在极限工况下的位移云图与等效应力云图。

关键部件危险截面与应力集中点提取

静力学方面的分析表明，设备出现最大变形、挠度的地方都在机械臂最低位置的夹爪部位，具体数值是3.85 mm，符合刚度方面的标准要求。从应力云图能够看到，设备大部分区域的应力处在40~80 MPa范围内，这说明材料利用方面有优化的空间。不过机械臂连接地方焊接角板出现了应力集中现象，最大等效应力达到242.6 MPa，虽然还没有达到屈服强度，但是长期存在的应力波动容易引发疲劳裂纹，所以它成了疲劳分析的重点所在。

实际作业工况下的疲劳载荷谱编制

疲劳载荷谱精度和载荷真实性紧密相关，传统恒幅假设很难体现出设备在“夹紧—提升—加速平移—减速平移—下降—松开—空载返回”循环里复杂的受力情况。本研究把动力学仿真跟实测相结合，借助ADAMS建立刚柔耦合模型来提取瞬态名义力/力矩，

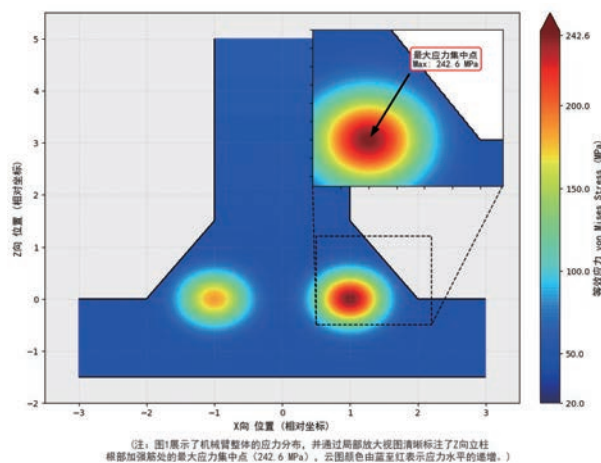


图1 抓取转运机械臂在极限满载工况下的等效力云图

运用雨流计数法处理载荷历程，去掉5%的低幅高频噪声，最终形成包括应力幅值、均值、循环次数的八级块状载荷谱，为疲劳仿真给出准确的边界条件。

关键部件疲劳寿命预测与结构优化
疲劳分析理论基础与材料S-N曲线

设备关键部件出现高周疲劳情况，也就是循环次数超过10⁴次，并且整体处于弹性变形范围之内，所以选用应力-寿命（S-N）理论来展开分析。对于疲劳损伤累积而言，它依照Palmgren-Miner线性累积损伤准则来进行，该理论表明每一次应力循环都会给材料造成一定比例的疲劳损伤，当各应力水平下产生的损伤加起来达到1的时候，结构就会发生疲劳破坏，这用公式表示就是 $D = \sum(n_i/N_i) = 1$ ，在这个公式里，n_i代表第i级载荷的实际循环次数，而N_i是材料在此应力水平下发生破坏的极限循环次数。针对Q345B钢材来说，其基础S-N曲线要依据零部件的实际表面加工质量、尺寸效应还有载荷类型进行调整。使用Basquin方程来表示就是 $\sigma_a = \sigma_f' (2N_f)^b$ ，通过查阅材料疲劳手册并加以修正，确定材料的疲劳极限大约为185 MPa。另外，因为载荷谱中存在非零平均应力，所以要采用Goodman平均应力修正模型，把非对称循环转换成等效的对称循环应力幅值，以此提高预测准确度。

关键部件的疲劳寿命仿真与损伤评估

把 ANSYS 静力学计算得到的单位载荷应力场结果（以 rst 文件形式存在）、通过雨流计数法编制成的块状载荷谱，导入到专业的疲劳分析软件nCode DesignLife里。在设置好材料属性、S-N曲线参数、表面粗糙度修正系数之后，便进行全域疲劳损伤计算。经计算得出的结果显示，设备绝大多数结构的疲劳寿命达到了或者超过107次（属于无限寿命区），然而之前提取出来的 Z 向立柱与移动滑板连接处的角板焊缝区域，其最小疲劳寿命仅仅是2.15×10⁵次工作循环。依据企业的设备技术规格书的要求，设备需要服役5年以上。按照每天工作20 h、每3 min一个循环来计算的话，5年内的总循环次数大约是20×(60/3)×300×5=6.0×10⁵次。很明显，初始阶段的设计中，那些有危险的地方其疲劳寿命与设计目标有着较大的差距，远低于设计所要求的标准。当设备投入使用大约有一年半的时间时，就会面临立柱根部出现开裂的严重状况。所以针对这个关键部件展开抗疲劳方面的优化设计变得非常紧迫。

基于抗疲劳与轻量化的结构优化设计

为解决构件存在疲劳寿命不足、材料冗余的情况，提出了一种综合优化策略，该策略融合了抗疲劳与轻量化这两个方面，并且涵盖形状优化和拓扑优化两个维度。针对立柱根部出现的应力

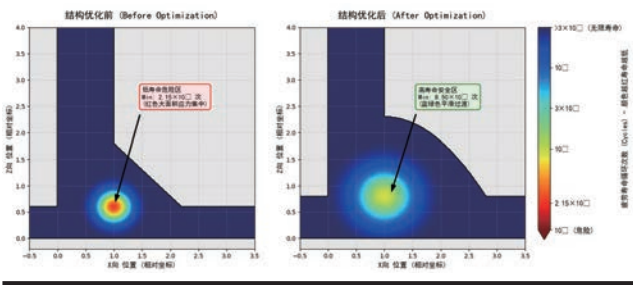


图2 结构优化前后关键节点疲劳寿命分布对比云图

集中问题，把直角三角形筋板更换为R50 mm大圆弧过渡的月牙形筋板，并且将端板增厚到20 mm。在低应力区域（≤40 MPa）借助拓扑优化达成85%体积保留的效果，把方管改成变截面结构并且开设减重孔，如此能够有效去除无效质量、降低运动惯量。

优化前后关键部件疲劳寿命对比验证

对优化后的三维模型再次进行网格划分操作，施加与之前相同的极限工况载荷、疲劳载荷谱，进而再度展开静力学与疲劳寿命联合仿真。验证结果表明有改进效果：在静力学方面，结构总质量从原来的425 kg降低至388 kg，实现了约8.7%的轻量化。优化后的几何过渡让载荷传递更均匀，危险截面最大等效应力从优化前的242.6 MPa大幅降至158.4 MPa，降幅达34.7%，且最大变形量控制在4.1 mm以内，刚度虽有轻微降低但不影响使用要求。在疲劳寿命方面，导入nCode DesignLife重新评估后，局部应力集中现象得到根本改善。立柱根部最小疲劳寿命从2.15×10⁵次跃升至8.5×10⁵次，提高近4倍。按之前推算的设备年工作负荷，该寿命相当于可连续无故障运行7年以上，完全覆盖并超越设计规格书要求的5年服役期。优化后的设备在保障结构安全、延长服役周期、降低驱动能耗（轻量化使惯量减小）方面达到完美平衡。

总结

此次研究聚焦于汽车钢管捆扎、转运一体化设备，依据其末端物流自动化升级需求展开系统的设计与分析工作。结合物料特性、恶劣工况，提出一个集V型集料、伺服打带、龙门转运为一体的总体方案，达成全过程无人化作业。借助有限元静力分析来确定关键应力集中区域，并且基于刚柔耦合动力学、雨流计数法编制出疲劳载荷谱。经过优化之后部件减重幅度达到8.7%，最大应力降低比例为34.7%，疲劳寿命提高到85万次循环，能够满足长期服役的要求。该研究为同类重载物流装备的结构设计与疲劳可靠性分析给予了有价值的工程参考。■

注：林波是本文通讯作者。

应用型人才培养途径与评价创新研究

——以内燃机配套产业为例

文/刁立强 何翠 张春岭（大连工程学院）

随着我国内燃机配套产业向高端化、智能化、绿色化转型，电机电气控制作为核心支撑技术，其人才供给与产业发展需求的适配性不足问题日益凸显。本文从内燃机配套产业发展实际出发，聚焦电机电气控制人才培养与评价两大核心环节，剖析当前人才培养中的突出问题，探索适配产业发展的人才培养路径，构建科学可行的人才评价标准，为内燃机配套产业输送适用性强、专业能力突出的电机电气控制人才提供参考，助力产业转型升级与持续发展。

内燃机配套产业是装备制造业的重要组成部分，涵盖内燃机零部件制造、配套系统集成、维修服务等领域，广泛应用于交通运输、工程机械、农业机械、船舶动力等行业，是支撑国民经济发展的基础性产业。

近年来，在“双碳”目标引领下，新能源技术快速迭代，产业升级进程加速，传统内燃机配套产品正朝着高效化、智能化、绿色化方向转型。电机电气控制技术作为实现这一转型的关键支撑，其应用场景不断拓展，在产业发展中的核心作用愈发显著。人才培养是我国高校的职责和使命，电气类专业人才培养作为支撑国家新型电力系统与能源战略的重要力量，其人才培养模式创新至关重要。然而，当前我国内燃机配套产业电机电气控制人才培养与产业需求之间存在明显脱节，人才供给结构与岗位能力要求不匹配，已成为制约产业高质量发展的重要瓶颈。因此，深入研究内燃机配套产业电机电气控制人才培养及评价体系，对推动产业转型升级具有重要现实意义。

内燃机配套产业电机电气控制人才培养研究

明确人才培养定位，贴合产业岗位需求

深入调研产业岗位，梳理核心能力需求

明确人才培养定位的前提是精准把握产业岗位需求。需深入内燃机配套企业一线，通过座谈交流、实地观察、岗位分析等方式，全面梳理电机电气控制相关岗位的核心职责与能力要求。例如，电机控制工程师需具备控制系统设计、技术创新及项目管理

能力；电气调试技术员需侧重操作调试、故障分析与应急处置能力；设备运维员则需掌握设备维护、故障排查及日常管理技能。通过岗位调研，明确不同岗位对专业知识、实践技能、职业素养的差异化要求，为人才培养定位提供依据。

确立复合型人才培养核心目标

结合内燃机配套产业发展趋势与岗位能力需求，将人才培养目标定位为：培养具备扎实电机电气控制理论基础，掌握内燃机配套产业相关专业知识，拥有实践操作、故障诊断、创新优化等综合能力，能够胜任内燃机配套产业电机电气控制相关岗位，德、智、体、美、劳全面发展的复合型、技能型人才。这一目标既强调专业理论的扎实性，又注重产业适配能力与实践创新能力的培养，确保人才与产业岗位需求精准对接。

动态优化培养定位，衔接产业发展趋势

内燃机配套产业正处于转型升级关键期，电机电气控制技术也在持续迭代，岗位需求与人才能力要求随之变化。因此，人才培养定位需保持动态调整，通过常态化产业调研，跟踪技术前沿与岗位新需求，及时优化培养目标与方向。例如，随着智能化、绿色化技术在产业中的应用，需在培养定位中增加智能化故障诊断、绿色系统集成等能力要求，确保人才培养始终贴合产业发展趋势。

优化课程体系构建，贴合培养目标

梳理核心课程模块，夯实理论基础

围绕电机电气控制技术与内燃机配套产业两大核心，构建

“基础理论—专业核心—产业适配”三层级课程模块。基础理论层包括电工电子技术、电机学、控制理论基础等课程，夯实专业理论根基；专业核心层涵盖电机控制技术、电气控制系统设计、电气故障诊断等课程，强化专业技能培养；产业适配层设置内燃机结构与原理、内燃机配套系统集成、产业行业标准等课程，提升人才对产业的认知与适配能力。通过模块化课程设计，避免内容重复冗余，确保理论学习的针对性与实用性。

更新课程内容，贴合产业实际

课程内容需紧跟产业技术发展，及时更新优化。在电机控制技术课程中，增加变频控制、伺服控制等产业广泛应用的技术内容，淘汰传统落后的控制技术；在内燃机配套系统集成课程中，融入智能化集成、绿色化集成等前沿方向，贴合产业转型升级需求；在电气故障诊断课程中，补充智能化故障诊断、远程诊断等技术，提升人才解决实际问题的能力。同时，将产业典型案例、技术标准纳入课程内容，增强课程的实践性与指导性。

创新培养模式，提升人才综合能力

实施产教融合协同育人机制

产教融合是实现人才培养与岗位需求“零距离”对接的有效路径。主动与内燃机配套企业开展深度合作，推动企业参与人才培养全过程：企业依据岗位需求参与培养方案制定、课程设置与实践教学，提供实训基地、设备及师资支持；院校根据企业需求开展定向培养、订单培养，让学生在校期间即可接触企业实际工作场景，提升岗位适应能力。例如，确保实体平台保障资源融通，如由学校牵头，联合行业龙头企业共建“电气装备现代产业学院”和“产学研用实习实训基地”等平台，集管理、教学、研发于一体，实现培养方案共定、课程资源与实验室共建，校企共建实训基地，由企业一线技术人员担任实训指导教师，传授岗位实操技能；安排学生进入企业实习，参与实际项目，提升实践操作与问题解决能力。

推行项目驱动式教学，强化实践能力

以产业实际工作任务为载体，设计内燃机配套电机控制系统设计、电气设备调试、故障诊断与修复等教学项目，将理论知识与实践操作深度融合。在项目实施过程中，学生自主完成方案设计、设备调试、问题排查等任务，教师则扮演指导者与组织者角色，引导学生自主探究、协作学习，培养自主学习能力与创新思维。通过项目驱动式教学，有效提升学生的实践动手能力与岗位适配能力。

加强师资队伍建设，保障培养质量

师资队伍是人才培养质量的核心保障。针对当前部分院校师资实践经验不足的问题，需从两方面加强建设：一方面，组织

校内教师深入内燃机配套企业开展培训、研修与下厂锻炼，掌握产业前沿技术与岗位实际需求，更新知识结构，提升实践教学能力；另一方面，引进企业一线技术骨干担任兼职教师，充实师资队伍，通过兼职教师传授实操技能与岗位经验，弥补校内师资实践能力短板。提出“课程—师资—实践”立体育人模式的专业产业融合方法。推动课程与项目融合。依托国家级实验教学示范中心与龙头企业共建的产学研平台，通过项目驱动式教学，推动真实项目进课堂，确保学生的学习轨迹与产业的技术发展轨迹同频共振；促进教师与工程师融合，实施“引企驻教”与“送教入企”的双向流动机制，打造“双师型”队伍，聘请工程师参与课程设计与毕业指导；建立教师赴企研修制度，确保教学内容的工程实践性，开展实践与就业融合，推动实践环节“岗位化”，通过共建产业学院、全面推行现代学徒制，将传统“观摩式”实习转变为“顶岗实践”，由企业导师与学校教师共同指导，实现“实习即预就业、毕业即能上岗”的无缝对接。

内燃机配套产业电机电气控制人才评价创新研究

人才评价是人才培养的“指挥棒”，科学合理的评价体系能够全面客观地衡量人才素养，引导人才培养方向贴合产业需求。当前传统评价体系存在重理论轻实践、评价标准单一、主体局限等问题，需从评价维度、标准、方式等方面进行创新。

完善评价维度，构建全面评价体系

增设实践技能评价维度，突出岗位适配性

实践技能是内燃机配套产业电机电气控制人才的核心能力，需将其作为评价核心。实践技能评价维度包括实操操作能力、故障诊断能力、设备运维能力、项目执行能力等：实操操作能力评价人才对电机电气设备的操作、调试、安装技能掌握程度；故障诊断能力评价人才对常见故障的识别、分析与处理能力；设备运维能力评价人才对设备的日常维护、保养与检修能力；项目执行能力评价人才参与项目的协作与执行能力。通过增设实践技能评价维度，改变传统评价重理论轻实践的弊端，突出人才岗位适配能力。

增加创新能力评价指标，契合产业发展需求

随着产业向高端化、智能化转型，创新能力成为人才核心竞争力。需在评价体系中增加创新能力指标，包括创新思维、技术创新能力、方案优化能力等；创新思维评价人才是否具备灵活开放的思维，能否提出新颖观点；技术创新能力评价人才结合岗位实际开展技术改进与创新的能力；方案优化能力评价人才对控制系统设计、调试方案的优化能力。通过补充创新能力评价维度，引导人才注重创新能力培养，适应产业转型升级需求。



创新评价标准，贴合岗位实际需求

制定岗位差异化评价标准，实现精准适配

内燃机配套产业电机电气控制相关岗位众多，不同岗位能力需求差异显著，需制定差异化评价标准。针对电机控制工程师岗位，突出控制系统设计、技术创新与项目管理能力评价；针对电气调试技术员岗位，侧重操作调试、故障分析与应急处置能力评价；针对设备运维员岗位，重点评价设备维护、故障排查与日常管理能力。通过岗位差异化评价标准，确保评价结果精准反映人才的岗位匹配度。

优化评价方式，注重过程性评价

传统评价以终结性考核为主，难以全面反映人才能力提升过程。需优化评价方式，实现过程性评价与终结性评价相结合：过程性评价包括学习过程评价、实践过程评价、岗位表现评价；终结性评价则通过理论考试、技能考核等方式衡量最终学习成果。通过注重过程性评价，全面跟踪人才能力提升轨迹，客观体现综合素质。

丰富评价主体，开展多元协同评价

传统评价主体单一，评价视角局限，需构建院校、企业、行业协会、岗位同事多元协同评价机制：院校教师负责理论知识、学习态度与校内实践评价；企业管理人员与技术骨干负责岗位技能、工作绩效与胜任力评价；行业协会负责专业水平、社会认可度与创新潜力评价；岗位同事负责团队合作、工作态度与责任心评价。通过多元主体评价，综合各方意见，确保评价结果全面客观，为人才培养、晋升与使用提供科学依据。

表1 内燃机配套产业电机电气控制岗位评价指标及权重

岗位名称	评价维度	一级指标	权重占比
电机控制工程师	理论知识	电机与控制理论	25
	实践技能	控制系统设计能力	30
	创新能力	技术创新与方案优化	25
	职业素养	项目管理与团队协作	20
电气调试技术员	理论知识	电气系统基础理论	20
	实践技能	操作调试与故障分析	40
	创新能力	调试方案优化能力	15
	职业素养	应急处置与安全规范	25
设备运维员	理论知识	设备结构与运维理论	15
	实践技能	设备维护与故障排查	45
	创新能力	运维流程优化能力	10
	职业素养	日常管理与安全意识	30

表2 人才评价方式及内容构成

评价方式	评价内容	评价主体	占比
过程性评价	理论学习表现、作业完成情况	院校教师	20
	实训操作规范性、团队协作能力	院校教师+企业导师	25
	岗位履职情况、工作业绩	企业管理人员	25
终结性评价	理论知识考试、专业技能考核	院校教师+行业专家	30

结语

内燃机配套产业向高端化、智能化、绿色化转型的进程中，对电机电气控制人才的需求日益迫切，人才培养与评价体系的创新成为推动产业发展的关键。未来，需进一步深化产教融合与校企合作，跟踪产业发展动态与技术前沿，持续优化人才培养模式，完善人才评价机制，为内燃机配套产业高质量发展提供坚实的人才支撑，助力产业转型升级与可持续发展。**A**

课题项目：该文系：辽宁省教育科学规划课题成果“应用型人才培养途径与评价创新研究”
编号：JG25DB091

产教融合视域下高职汽车专业英语教学改革与实践研究

文/陈元元 李雪振（郑州城建职业学院）

中国汽车产业出海加速与智能化转型对复合型技术技能人才提出了新要求，但高职汽车专业英语教学存在课程内容与岗位脱节、教学模式固化、双师能力不足、评价体系单一等突出问题。本研究以产教融合为理论框架，构建了“内容重构—模式创新—师资提升—评价改革”四位一体的教学改革路径，并以某民办高职院校为样本开展基于企业真实任务的模块化教学实践。结果表明，该模式能有效提升学生的专业英语应用能力与岗位胜任力，为高职同类课程改革提供了实践参考。

中国汽车产业正处于出海加速与智能化转型的关键期。2025年汽车出口量达832万辆，稳居全球前列，比亚迪、奇瑞等企业海外建厂步伐持续加快，智能驾驶、智能座舱等新技术快速普及，产业对具备汽车专业英语应用能力的复合型人才需求日益迫切。高职汽车专业英语课程是培养此类人才的核心载体，但当前教学中存在的问题难以有效回应产业需求。为此，本研究以产教融合为理论框架，聚焦高职汽车专业英语教学改革，探索系统化的改革路径与实践方案。

产教融合视域下高职汽车专业英语教学改革的必要性

产教融合要求职业院校将产业需求深度融入人才培养全过程。当前，高职汽车专业英语教学与产业需求之间存在的结构性矛盾，使改革成为一项紧迫课题。

一方面，中国汽车产业出海加速对从业人员提出了明确的英语能力要求。中国汽车出口量连续多年位居全球前列，比亚迪、奇瑞等企业海外建厂步伐持续加快，技术岗位需阅读英文技术手册、服务岗位需处理海外订单、海外岗位需在多元文化中有效沟通，产业对复合型人才的需求已从“锦上添花”转变为“岗位必需”。

另一方面，当前汽车专业英语教学与产业需求之间存在明显差距。课程内容以传统燃油车知识为主，新业态术语未能及时融入；教学方法以教师讲授为主，学生缺乏真实工作情境中的语言实践；实践环节与企业实际脱节，学生面对真实的国际化工作场

景往往无所适从。教学供给与产业需求的错位，迫切要求以产教融合为框架推进改革。

高职汽车专业英语教学的问题剖析

课程内容滞后，与岗位真实任务脱节

课程目标未能精准锚定岗位英语能力需求，多数教材仍停留在传统燃油车知识体系，新能源汽车三电系统、智能网联技术（ADAS、V2X等）新术语未得到系统融入；教材案例多为虚构，而岗位实际需要的是英文技术手册阅读、维修工单处理、海外客户邮件沟通等实用技能。教学内容与岗位需求的结构性错位，使学生在校所学与岗位所需之间形成断层。

教学模式固化，实践情境严重不足

传统课堂仍以教师讲授为主，学生被动接受语言知识，互动与实践环节严重匮乏。尤为突出的是，语言训练与专业技能培养相互割裂——英语课堂与汽车实训车间缺少有机联动，学生很少有机会在模拟的涉外技术交流、海外客户接待等真实工作场景中运用英语，导致“学”与“用”之间缺乏有效的衔接通道。

师资能力短板，双师型教师严重匮乏

当前高职院校的英语教师多为英语语言文学或英语教育专业出身，普遍缺乏汽车行业知识与企业实践经验，对行业发展动态、岗位英语应用场景的了解相对有限；汽车专业教师虽熟悉行业技术，但英语教学能力不足，难以胜任专业英语课程教学。两类教师各自运转、缺乏有效协同，导致语言教学与专业应用之间

出现“两张皮”现象，严重制约了产教融合在英语课程中的落地深度。

评价体系单一，轻岗位应用能力考核

评价以期末笔试为主，侧重词汇、语法等知识记忆的考查，无法全面反映学生听说读写译综合技能及跨文化交际能力、职业素养等维度。试卷上能正确选择专业术语的学生，未必能在真实的维修工单中准确提取关键信息。过强的终结性评价也削弱了过程性评价的诊断与激励功能，不利于引导学生将学习重心从“应试记忆”转向“能力建构”。

产教融合视域下教学改革路径与实践

针对上述问题，本研究以产教融合为理论框架，从以下四个维度构建——对应的教学改革路径，并在某民办高职院校开展教学实践验证改革成效。

改革路径构建

1. 对接岗位需求，重构课程内容体系

针对课程内容滞后、与岗位真实任务脱节的问题，课程内容应来源于汽车行业的真实工作过程。以企业典型涉外岗位的英语应用场景为逻辑起点，通过对宇通客车、比亚迪等企业海外售后工程师、KD工厂技术员、国际营销专员等岗位的职责分析，提炼出三类核心能力要求——技术文档阅读能力、商务沟通能力和跨文化交际能力，并据此逆向设计教学内容。在内容组织上采用模块化方式，以企业真实工作任务为主线，将课程划分为若干教学模块。同时建立教学内容动态更新机制，将新能源汽车、智能网联汽车相关术语以及产业出海新动态带来的语言需求及时纳入教学。

2. 创新教学模式，强化实践情境训练

针对教学模式固化、实践情境严重不足的问题，本研究构建“任务驱动、情境模拟、线上线下混合”的多元化教学模式。以企业真实任务驱动教学，学生以小组形式完成来源于实际工作的项目任务。充分利用校内汽车实训中心开展情境模拟教学，在真实或仿真的车间环境中模拟涉外技术交流、海外客户接待等工作场景。推广线上线下混合式教学模式，学生通过在线平台自主预习，线下课堂侧重互动交流与实践。同时利用AI工具辅助技术文档阅读与翻译能力测评，提升教学效率。

3. 深化校企合作，提升双师教学能力

针对师资能力短板、双师型教师严重匮乏的问题，本研究提出“校内培养+校企协同”的双轨提升路径。一方面，组织英语教师深入汽车实训中心跟岗学习，补齐行业认知短板；鼓励教师定期赴合作企业走访调研，跟踪岗位英语应用场景的变化。另一方

面，建立英语教师与汽车专业教师的跨学科联合教研机制，通过集体备课、共同设计教学任务、双师同堂授课等方式，实现语言教学与专业内容的深度融合。同时邀请企业技术人员以客座讲师身份参与教学，以真实案例弥补校内教师实践经验不足的问题。

4. 改革评价方式，注重岗位能力考核

针对评价体系单一、轻岗位应用能力考核的问题，应构建“过程性+终结性+实践性”三位一体的多元化评价体系。评价内容涵盖知识、技能、素养多个维度，重点从知识记忆转向能力应用。评价方式包括笔试、口试、实操、项目作品等多种形式，加大过程性评价权重，将课堂参与、小组任务完成质量、项目作品表现等纳入考核。实践环节引入企业参与评价机制，邀请企业技术人员对学生完成的真实任务作品（如英文维修工单、商务邮件、技术方案讲解等）进行评价，使评价更加真实、客观，真正反映学生的岗位胜任力。

模块化教学实践

1. 实践设计

课题组以某民办高职院校2025级汽车专业（新能源汽车方向）两个平行班为研究对象。实验班（40人）采用本研究的改革教学模式，以企业真实任务素材为载体、模块化任务为组织形式；对照班（35人）沿用传统教学模式，以教材章节为序、教师讲授为主。两班在入学英语成绩、专业基础等方面无显著差异，具备可比性。

实验班的教学素材来源于两条渠道：一是从比亚迪全球官网、宇通客车英文官网收集的英文技术手册、产品说明、新闻稿件等公开资料；二是从招聘网站整理的企业涉外岗位描述与任职要求。以这些真实素材为基础，围绕企业典型涉外岗位设计了六个模块化教学单元，贯穿整个学期实施，每模块安排2~3周。

2. 实施过程

任务呈现阶段，教师首先呈现从企业真实工作场景中提取的任务——如“某海外经销商发来邮件，反馈一批车辆出现制动系统异响，请查阅英文维修手册，诊断可能原因并给出解决方案”。任务以书面形式呈现，包含背景信息、角色设定、产出要求三项要素，使学生明确“我是谁”“面对什么情况”“需要输出什么成果”。这一环节的关键在于让学生感受到任务并非虚构的练习，而是企业真实工作场景的课堂化呈现，以此激发学生的职业代入感与任务驱动力。

素材研读阶段，学生以小组为单位，阅读教师提供的英文技术手册节选、产品参数表、商务邮件等真实素材，从中提取完成任务所需的关键信息。这一阶段重在训练学生的专业文献阅读与信息提取能力。教师巡回指导，对影响任务完成的核心术语进行

简短讲解，但不过度扩展，确保任务主线清晰。小组合作的形式也有助于学生相互协作，通过讨论解决阅读中遇到的障碍，降低对教师的依赖。

模拟操练阶段，各组利用校内汽车实训中心的实车或模拟工位，在仿真的工作情境中完成任务，如模拟向“海外客户”进行技术方案讲解、模拟填写英文维修工单、模拟撰写商务回复邮件。真实的工作场景和明确的任務角色，迫使學生將靜態的語言知識轉化為動態的溝通行為，在實際操作中體驗語言工具的實用價值。教師在此階段擔任“觀察者”與“協助者”角色，適時提供語言支持。

展示反饋階段，各組展示任務成果，教師從“專業術語使用準確性”“任務完成度”“語言表達規範性”三個維度進行點評，同時組織組間互評。部分模塊邀請汽車專業教師或企業技術人員參與點評，從行業視角給出反饋。多維度的評價主體有助於學生從語言準確性和行業規範性兩個層面審視自己的任務完成質量，深化對崗位英語應用標準的理解。

3. 實踐效果

學期末，課題組通過英語能力測試、崗位模擬考核與問卷調查三種方式收集效果數據，從語言能力、學習態度與崗位勝任力三個維度檢驗改革成效。

一是英語應用能力提升顯著。實驗班在期末汽車專業英語能力測試中的平均分為78.4分，對照班為64.3分，高出14.1分。尤其在“技術文檔閱讀”與“商務郵件寫作”兩個與企業崗位直接相關的題型上，實驗班優勢更為突出，分別高出對照班15.2分和17.8分。分數上的顯著差距在一定程度上反映了改革教學在培養學生崗位實用語言技能方面的效果。這一結果表明，以真實工作任務為載體的模塊化教學，在提升學生崗位英語應用能力方面具有傳統教學模式難以替代的優勢。

二是學習興趣與職業認同顯著增強。問卷調查顯示，實驗班87%的學生認為“課程內容與未來工作相關”，對照班僅為41%；實驗班76%的學生表示“對汽車專業英語學習有興趣”，對照班為44%。實驗班學生在開放性反饋中多次提到“學的內容能用得上”“感覺是在為工作做準備”，表明基於真實任務的教學有效增強了學生的職業認同感與學習內驅力。當學生意識到所學內容與未來職業直接相關時，學習動機便從“要我學”轉向“我要學”，這種內在驅動的學習態度的轉變，是持續提升教學效果的重要保障。

三是崗位勝任力感知提升。在學期末的模擬崗位任務考核中，實驗班學生在“技術信息檢索準確率”“商務郵件格式規範度”“專業術語使用正確率”等指標上均顯著優於對照班。尤其

是在模擬“海外客戶技術諮詢電話回復”這一綜合性口語任務中，實驗班學生能夠運用專業術語進行有效溝通的比例（63%）遠高於對照班（28%）。該類任務綜合考查學生的聽力理解、專業術語提取、口語表達與臨場應變等多重能力，是最接近真實工作場景的考核方式，35個百分點的差距在一定程度上反映了改革教學在培養學生綜合語言運用能力方面的效果。

4. 實踐反思

教學實踐也揭示了若干值得注意的問題。

一是學情差異的挑戰。學生英語基礎參差不齊，部分薄弱學生在技術文檔閱讀模塊中存在困難，影響了後續任務的推進。這類學生需要額外的基礎語言支持，如術語對照表等輔助材料。後續可對薄弱學生增設“術語預習包”和“段落精讲”環節，課前熟悉關鍵術語，降低任務入口難度，同時避免因挫敗感而影響學習積極性。

二是素材難度的把控。企業真實素材的語言難度有時超出學生現有水平，部分篇幅過長或句式複雜的技術文檔影響了任務完成效率。教師需對原始素材進行梯度篩選與適度裁剪，平衡“真實性”與“可教性”——例如保留核心章節而刪減次要內容，對超綱術語進行必要的注釋與解釋，使其既保持真實工作情境的代入感，又能夠適應學生的實際語言水平。

三是教師能力的考驗。模塊化教學對教師的時間投入與跨學科知識儲備提出了更高要求。同時，英語教師在汽車技術領域的知識盲区較為突出，面對技術文檔中的專業原理和工程邏輯，有時難以準確判斷技術信息的重要性層級，從而影響對學生的有效引導。這一短板仍需通過持續的校企聯合教研加以補充，學校也應為教師參與企業實踐和跨學科培訓提供制度保障和時間支持。

結語

產教融合是破解高職汽車專業英語教學與產業需求結構性脫節的關鍵路徑。課程改革應當以企業真實工作任務為邏輯起點，以崗位英語應用能力為核心目標，逆向設計教學內容、創新教學方法、提升師資能力、改革評價方式，使語言學習嵌入真實的崗位情境與任務過程之中。基於企業真實任務的模塊化教學實踐證明，這一改革方向能夠有效提升學生的專業英語應用能力與崗位勝任力。改革的持續推進仍需關注學情差異、素材難度與師資能力等現實挑戰，民办高职院校应充分利用区域产业资源，将产教融合理念从宏观制度转化为课堂教学的具体实践，为汽车产业国际化发展提供有力的人才支撑。**A**

課題項目：河南省民办教育協會立項課題“產教融合視域下高職汽車專業英語教學改革與實踐研究”（立項編號：HNMXL20260111）

高职汽车专业英语活页教材的任务型学习设计与实施

文/曾美瑜 成吉阳（湖南吉利汽车职业技术学院）

在职业教育领域产教融合不断深化推进，以及汽车产业朝着新能源化、智能化方向加速转型的双重时代背景下，传统高职汽车专业英语教材因内容固化、更新滞后、脱离真实职业场景等问题，难以契合相关岗位对从业者专业英语应用能力的实际需求。本文聚焦于产教融合背景下的高职汽车专业英语教材开发，提出构建活页式教材的创新思路。在教材设计方面，采用任务型学习理念进行架构；在具体实施层面，依托校企双元育人模式，创设理实一体化的教学环境，构建多元过程性评价体系，并建立动态更新机制以确保教材内容的时效性。通过上述举措，实现教学内容与汽车产业前沿技术的同步迭代、语言学习与职业能力培养的深度融合，进而有效激发学生的学习内驱力，全面提升其专业英语应用能力与综合职业素养。

2019年，国务院印发的《国家职业教育改革实施方案》（简称“职教20条”）提出，要“建设一大批校企‘双元’合作开发的国家规划教材”，并“倡导使用新型活页式、工作手册式教材并配套开发信息化资源”。这一政策为职业教育教材改革指明了方向。随后，《职业教育产教融合赋能提升行动实施方案（2023—2025年）》等文件进一步强调深化产教融合、推动校企协同育人的重要性。在此时代背景之下，研究以产教深度融合作为核心要义，以活页式教材作为知识承载媒介，以任务驱动型学习作为教学实施方法，探寻高职汽车专业英语教学革新的路径，构建可提升学生岗位英语实践运用能力的教学设计与执行方案，为培育面向未来的国际化汽车工匠提供有力支撑。

高职汽车专业英语活页教材概述

高职汽车专业英语活页教材是响应职业教育改革号召，顺应产教融合发展趋势而生的新型教材形态。它并非简单地将传统书本装订方式改为活页环装，其核心在于内容、结构与开发模式的系统性变革。教材以其“新”与“活”的特质，克服传统教材内容固化、更新缓慢、脱离实践等弊病。

首先，从来源看，活页式教材突出学校与企业通过校企合作模式，深度参与教材内容的研制与开发，取材于汽车产业一线的

真实工作任务、技术标准、工艺流程或典型案例，将企业的新技术资料、服务手册、客户沟通范例等融入到教学内容中。

其次，从结构设计来看，活页教材以典型工作任务为导向，按模块化的方式组织编制，每项具体岗位能力都对应一个模块，“新能源汽车客户接待”“智能辅助驾驶系统介绍”“英文维修技术通报解读”等具体岗位能力都有对应的模块，并可生成具体的教学情境和相应的评价考核清单，实现“岗课融通”。

再者，从形态特征看，“活页”的性质决定它具有高灵活性和强扩展性，可以由教师或者企业专家依据技术发展、教学要求等定期地增补、更换和重组教学单元，使其始终处于不断的发展变化中，成为与发展相适应的“动态知识库”。

最后，活页教材融合信息技术资源，并以二维码的方式附带相应的操作视频、VR或AR仿真实训、在线测验的数字化资源，在教材中搭建起线上线下的立体化学习空间，丰富教学手段，突出学生的主体地位。

产教融合下高职汽车专业英语活页教材任务型学习设计策略

对接岗位需求，构建真实任务情境

任务型学习设计要保证任务的真实性。在产教融合过程

中，真实性体现在结合真实的汽车产业链上的真实岗位，分析真实的汽车产业链上各岗位涉及的专业英语应用技能，用所学的语言知识去做具体的应用，由教材开发人员与品牌4S店、新能源汽车服务中心、零部件供应商等合作企业人员，从服务顾问、维修技师和技术支持等岗位中提取关键工作任务和对应的专业英语应用环节，创设学习情境，把理论知识融入到工作实践中。例如，一个模块可以围绕“处理外籍客户关于车辆异响的投诉”这一典型场景展开，任务情境可描述为：“一位说英语的客户驾驶其新购的电动汽车进店，抱怨在低速行驶时听到持续的‘嗡嗡’声。作为服务顾问，你的任务是接待客户，详细询问并记录故障现象，初步安抚客户情绪，并向其解释接下来的诊断流程。”这样的设计将语言学习置于一个具体、真实的职业环境中，学生为解决一个实际的职业问题而使用英语，进一步激发学习的内在动机和目标感。

融入工作流程，设计递进任务链条

孤立的简单任务很难培养学生的综合职业能力。任务的设计应按照汽车行业标准工作流程，将相关子任务有机组合成一个由易到难的任务链，让学生体验整个工作过程。以“处理车辆异响投诉”为例，任务链设计如下：任务一，信息输入和理解环节，观看一个有关客户投诉的视频短片，填写《维修接待工作单》中客户描述的部分；任务二，口头互动和问询环节，按照上一环节的学生填写的内容，学生两人一组，一人扮演服务顾问的角色，向客户进行询问，以获取车辆的具体情况；任务三，技术资料阅读环节，阅读一份有关该车型常见异响的英文技术服务通报（TSB），寻找可能的原因；任务四，方案说明和沟通过程环节，综合客户描述和技术信息，向扮演客户的同学或企业师傅用英语解释初步的诊断计划和预计时间。任务由浅入深，由输入到输出，层层递进，锻炼听、说、读、写各项语言技能，培养学生遵循职业规范、逻辑思考和解决复杂问题的综合职业素养。

强化能力本位，聚合多元学习资源

任务型学习是为了让学生具备一定的能力而不是传递一些知识，每个任务模块都应该有一个与其对应的模块能力点，因此应该集合大量多样的学习资源，活页教材正好满足这样一种需求。“在“新能源汽车充电服务咨询”任务模块中，纸质活页上可以印有核心词汇，如charging pile、fast charging、battery management system，还可以录入一些重要的句型及对话形式。同时，通过扫描页面上的二维码，学生可以获取数字化资源：一段由企业专家录制的标准服务流程演示视频、一个模拟不同充电故障情景的VR交互软件、一份主流品牌电动汽车的英文版充电说明PDF文件、一个包含各种充电相关专业术语发音的在线词典

等。这些资源共同构成一个支持学生完成任务的“脚手架”，学生根据自己的学习节奏和需求自主选择和使用，体现以学生为中心的教学理念。多元资源打破了单一纸质教材的局限，适配不同基础学生的差异化学习需求，引导学生依托资源自主探究岗位场景下的英语应用方法，在完成任务的过程中逐步达成预设能力目标，真正落实能力本位的育人导向。

突出学生主体，创设协作探究空间

任务型学习突出学生主体性和合作性，任务创设要有意设置“信息差”或者“观点差”，要使学生能通过有效地互动和合作，最终完成任务目标。“车辆定期保养咨询服务”任务中，小组按3人进行角色分配：1人扮演客户，手持一份英文的车辆简单问题描述与保养需求清单；1人扮演服务顾问，持有保养项目与价格的英文清单；另1人扮演维修技师，掌握基本的英文保养操作指南。三人需通过问答、解释与协商，共同完成一份符合客户需求的英文保养建议方案。在这个过程中，教师的作用从知识传授者向学习的组织者、指导者和推动者转变。学生由知识汲取者转变成学习过程中的探究者、合作者和创新者，语言运用能力不断提高，同时也在交往、沟通、谈判、合作等方面加强“软技能”的锻炼。小组协作完成任务后还需进行成果展示与互评，学生对照岗位标准反思自身专业英语表达的不足，在相互点评中拓宽解决业务问题的思路，充分调动自主思考的积极性，实现从被动记忆词汇句型到主动运用语言解决真实业务问题的转变。

基于产教融合的高职汽车英语活页教材实施方案 构建校企双元育人团队，协同开展教学

在实践过程中，单一的学校的外语教师或企业的技术专家无法实现学校和企业的紧密结合。对此，需要建立由高校专业英语教师和企业的一线技术专家、服务经理共同组成的“双元”教学团队，双方互为补充，分工合作。即专业英语教师负责发布教学任务，同步提供语言难点知识讲解及交际策略指导，并全程监督学生学习进程，以保障学生语言输出精准且流畅。企业专家则以“行业导师”角色介入，为学生布置真实岗位任务，依据自身工作实际对学生模拟任务的专业水准予以点评，修正学生专业技术词汇使用偏差，同时依照行业人才需求标准评估学生实训过程与成果。以“英文零件订购”这一任务型教学活动为例，英语教师着重向学生教授邮件询价下订单环节的格式规范，以及相关交流用语；企业配件经理则负责讲解不同品牌配件的查询系统，依据系统的英文界面进行操作演示，指导学生如何从多元渠道获取准确的配件信息，确保学生选购的配件无误。双元教学团队将同步开展集体教研与案例打磨，联合完善实训评价体系，在课后结合

学生课堂语言表达和岗位实操中的综合表现优化教学方案，持续同步行业业务动态与专业术语更新，使课程内容贴合企业真实业务场景，实现学生语言应用能力与岗位专业素养一体化培育，推动校企育人机制长效稳定运行。

创设理实一体教学环境，真实再现岗位

教学环境作为影响任务型学习成效的核心要素，需将教学活动拓展至可高度模拟工作现场的教学场所之中。学校与企业应联合建设“理实一体化”的教学环境，如校内仿真的4S店客户接待区，或配备有英文操作界面诊断设备的实训车间，还可将部分课堂教学安排到合作企业的实际工作站点。通过充分利用网络等信息技术，建立线上、线下的混合式教学模式，学生在线上平台先预习活页教材上的词汇和背景知识，然后观看视频操作，最后到线下实训环境，借助VR或AR设备进行一些高风险或高成本设备的虚拟仿真操作训练，最后再到真实的设备上完成本课的重点任务。例如，在学习“自动变速器故障诊断”模块时，学生可先在线上熟悉相关英文术语，再通过VR模拟拆装过程，最后在实训室里，小组协作使用英文界面的诊断仪读取故障码，并用英语向企业师傅汇报诊断结果，形成一个线上预习、虚拟仿真、线下实操的完整学习闭环。这套一体化场景搭建打破了理论学习与岗位实操的空间界限，让学生在沉浸式环境中习惯使用专业英语处理业务，同时企业导师可随时进驻实训场地，现场指出学生操作与英文表达中的问题，将岗位规范自然融入教学全过程，持续缩小校园实训与真实岗位之间的能力落差，依托活页教材配套任务驱动学习流程，引导学生主动完成岗位场景下的英语实操训练。

运用多元过程性评价，动态反馈学情

在专业英语任务型教学模式中，应构建与之匹配的多元过程性评价体系。学院需将评价从传统单一、静态的分数判定，转变为贯穿学习全过程、多维度参与的动态反馈系统，发挥评价“指挥棒”的导向、激励与调控功能。首先，实施的关键在于评价主体的多元化扩展，打破教师作为唯一裁决者的局面，引入专业教师、行业企业专家、学习伙伴及学生本人共同构成的评价共同体。专业教师侧重语言知识与教学目标的达成度；企业专家则从真实工作场景出发，评价学生语言运用的适切性、任务解决的实效性及其所展现出的职业素养；学习伙伴的互评能有效反映团队协作与沟通的真实状态；学生的自评则促进其元认知能力发展，培养其对自身学习过程的监控与反思习惯。多元主体的参与，使得评价视角更为立体、客观，也更贴近未来职场评价的真实情境。其次，评价内容需实现从孤立知识考查向综合能力评估的战略性转移。除了评估词汇、语法等语言知识的掌握情况，还需将重心

置于学生在完成具体职业任务过程中的综合表现：包括任务设计与执行的质量、运用英语分析与解决实际问题的能力、在团队中的角色担当与协作精神，以及所体现出的责任感、沟通态度等隐性职业素养。

健全动态更新迭代机制，持续优化内容

由于汽车产业技术呈现出日新月异的发展态势，从传统的燃油发动机技术不断优化升级，到新能源汽车的电池、电机技术持续突破，再到智能网联汽车中自动驾驶技术、车联网技术的飞速发展，每一项新技术的诞生和旧技术的迭代，都不断冲击着传统教材所构建的知识体系。传统教材往往在编写完成后，由于更新周期长、流程繁琐等原因，难以在短时间内对产业技术的最新变化做出响应，导致其内容逐渐与实际应用脱节，无法满足教学 and 实际使用的需要。为了适应这种快速变化，不断更新活页教材的内容就显得尤为迫切，“活”的活页教材要建立动态的更新机制，因此，学校和企业之间需要建立常态化的教材内容研讨与修改机制。学校与企业成立由双方人员共同组成的教材建设委员会，每月或每年开展一次会务，审议教材内容是否还需要完善，以最新的行业技术标准、重要车型的技术资料、一线故障案例、一线工作人员反馈的问题、学校的学生成绩反馈、毕业生的就业情况等作为依据。如果发现某一模块的教材中所涉及的内容，如某项旧技术的诊断方法已经过时，或出现新的、更具代表性的工作任务，如与自动驾驶安全相关的客户沟通，委员会便可立即组织力量进行修订或开发新的活页单元进行替换。持续迭代的机制，保障教材内容始终紧跟产业发展的脉搏，使之成为一本真正“活”的、与时俱进的教材。

结束语

高职汽车专业英语活页教材的开发立足实践需求，将教材开发的源头活水引流至产业一线关键领域；挣脱常规教学设计桎梏，把教学设计的核心精准聚焦于真实工作任务；跳出单一教学实施框架，将教学实施嵌入校企协同的真实情境之中。同时，以动态发展的前瞻视角构建评价与更新机制，成功搭建起一个从设计到实施再到优化的闭环生态系统。此方案付诸实践，旨在破解传统汽车专业英语教学与产业需求相悖离的困境，把学生语言学习进程转化为职业能力与职业精神的培育过程，增强其就业竞争力与未来职业发展的续航力。A

课题项目：2024年湖南省职业院校教育教学改革研究项目——产教融合背景下高职院校汽车专业活页式英语教材的开发与研究（项目编号：ZJGB2024736）；2024年湖南省教育厅科学研究项目——职普融通背景下职业院校外语教师教学创新团队建设路径研究（项目编号：24C0889）；2024—2025年度湖南省职业教育与成人教育学会科研规划课题——数智驱动个性化培育的“校-企-专业”一体化协同育人模式（项目编号：XH2024211）。

职业本科通用英语新形态教材的开发路径与实践探索

——以《大学英语》（汽车方向）为例

文/邓静娴 陈丽 马美丽 刘云竹（贵州交通职业大学）

职业本科教育强调职业能力与本科素养并重，公共英语教材也需要从单纯的语言知识传授转向对专业学习和职业发展的有效支撑。针对传统通用英语教材与汽车行业岗位联系不够紧密、职业场景呈现不足以及数字资源与纸质教材衔接不充分等问题，本文以《大学英语》（汽车方向）教材的开发实践为对象，按照“需求调研—目标定位—内容重构—协同编写—资源配套—试用改进”的路径梳理教材开发过程。研究以汽车检测维修、汽车销售、智能网联等岗位的英语使用情况为依据，将典型职业情境作为单元主题来源，并采用“模块化内容+场景化任务+数字化资源”的设计思路。教材由12个单元组成，在保持大学英语语言学习规律的同时，引入汽车行业术语、工作任务和职业文化，并通过3D数字人微课、Web3D虚拟展厅和AI口语交互系统延伸学习空间。实践表明，新形态教材的建设重点不是简单增加数字资源，而是建立从岗位需求到教材内容、从学习任务到数字训练、从学习过程到评价反馈的完整链条。

近年来，职业教育教材改革不断强调活页式、工作手册式教材以及数字资源建设。《国家职业教育改革实施方案》《“十四五”职业教育规划教材建设实施方案》和新修订的《中华人民共和国职业教育法》等政策，也为教材形态和资源建设提出了新的要求。已有研究指出，职业本科英语课程仍存在需求分析不足、课程标准和教材供给不充分等问题，部分教材还存在职业属性较弱、内容重复和技术融合不深等现象。常红梅、黄丹卉（2025）提出，职业教育外语教材应重视深度产教融合、岗位需求导向、内容动态更新和职业能力发展，这为公共英语教材的改革提供了较为清晰的方向。

问题提出

职业本科教育处在职业教育体系与本科教育体系的交汇位置，其课程既要体现本科层次的知识基础和综合素养，又要回应职业岗位对实践能力的要求。公共英语课程虽然不直接承担专业技能训练任务，但学生进入汽车企业后，阅读技术资料、参加产品培训、接待客户、进行跨部门沟通等工作，都可能涉及英语。因此，公共英语如果长期停留在词汇、语法和一般性阅读训练层面，便很难充分体现其服务专业人才培养的作用。

从教材建设看，这一矛盾更加明显。传统通用英语教材通常按照语言知识或一般生活主题组织内容，具有体系完整、便于教学等优点，但职业情境相对有限。对于汽车专业学生而言，他们

需要的不只是“会不会英语”，还包括能否在具体工作环境中使用英语完成任务。例如，维修人员可能需要理解设备说明，销售人员需要介绍车辆配置，技术人员需要交流新能源汽车和智能驾驶方面的信息。语言能力只有进入这些真实或接近真实的情境，才能转化为可迁移的职业沟通能力。

教材开发的依据与总体框架

从岗位需求确定开发起点

教材开发首先需要回答“学生未来在哪里使用英语”。编写组在教材编写前，对汽车检测维修、4S店销售、智能网联技术等岗位开展了专项调查，调查内容包括英语使用情况、教材内容需求、教学方式偏好和职业发展认识，并结合访谈了解具体工作中的语言任务。调查结果显示，汽车行业岗位已经存在较为明显的英语使用需求。超过六成受访者表示在工作中经常或非常频繁地使用英语，主要使用场景集中在阅读技术手册和与国际客户沟通。听力、口语的需求度均超过65%，阅读约为58%。受访者对“实用案例”和“情景模拟”的认可度也较高。开放性回答中，新能源汽车电池、自动驾驶系统、发动机电控、ADAS等词汇出现较为集中。这些结果说明，汽车行业英语并不是专业人员进入企业以后才需要面对的附加能力，而是与岗位工作存在直接联系的基础能力。因此，教材开发的第一个判断标准不是“还能增加多

少英语知识”，而是“哪些英语内容值得学生在大学阶段提前学习”。词汇、句型、阅读材料和口语任务均需要与可能出现的职业活动建立联系。

明确“基础英语+行业情境”的课程定位

职业本科通用英语既不能简单改造成专业英语，也不能继续停留在脱离职业场景的基础英语训练。基于需求调查，教材将课程定位为“以通用英语语言能力为基础、以汽车职业情境为牵引”的公共英语课程。这一定位直接影响后续开发。语言知识仍然按照大学英语的学习规律组织，保证学生能够进行听、说、读、写综合训练；行业内容则作为语言学习的真实载体，引入汽车产品、生产、营销、维修、智能技术和职业发展等主题。这样既保留通用英语课程的基本属性，又使学生能够逐步熟悉未来工作中可能接触的英语表达。

建立“六步开发”总体框架

结合前期实践，教材开发形成了较为清晰的六个步骤：第一步是需求调研，即调查行业岗位的英语使用情况；第二步是目标定位，即把岗位需求转化为课程语言目标和职业能力目标；第三步是内容重构，即根据典型职业情境重新安排12个单元及其任务；第四步是协同编写，即由外语教师、汽车专业教师和企业工程师共同完成内容设计与审核；第五步是资源配套，即围绕纸质教材同步建设数字人微课、Web3D虚拟展厅和AI口语系统；第六步是试用改进，即根据教师反馈和学生使用情况调整材料难度、任务设计和数字资源。这六个步骤并非一次性直线完成，而是形成循环。试用阶段发现的问题可以反向进入内容修改和资源更新，行业技术变化也可以重新触发需求分析。由此，教材开发从“一次编写”转向“持续改进”。

教材开发的具体路径与实践

开展需求调研，形成内容清单

需求调研是整个开发过程的入口。编写组没有直接按照已有大学英语教材的主题进行改编，而是先从汽车行业岗位出发，调查英语实际使用的频率、场景、技能类型和常见术语。通过问卷与访谈，将岗位需求整理成可用于教材开发的内容清单。

根据调查，阅读技术手册、与国际客户沟通等任务较为突出，听力和口语需求较高。因此，教材增加听说任务和职业情境模拟。同时，将新能源汽车、智能驾驶、汽车销售、售后服务等内容列为重点主题，为后续单元设计提供依据。

建立语言目标+职业任务”对应关系

行业调研得到的是岗位语言需求，还需要进一步转化为学生能够学习和完成的课程目标。编写组据此将目标分成两个层面：

一是语言层面，包括专业词汇理解、基本信息获取、职业场景中的口头表达、英文资料阅读和应用写作；二是任务层面，包括介绍车辆、处理客户咨询、描述汽车技术、进行售后沟通和进行求职表达等。

这种转化避免了“行业需要什么，教材就全部写什么”的简单做法。企业岗位中的语言活动复杂程度不同，并不都适合直接搬进大学课堂。因此，需要根据学生的英语基础和学习阶段进行筛选，将真实岗位任务转化成可教学、可练习、可评价的学习任务。

重构内容，形成12个职业主题单元

在目标明确后，教材按照汽车行业典型情境重新组织内容，共设置12个单元，主题覆盖汽车故事、汽车生活、国际交流、汽车生产、汽车营销、汽车文化、智能科技、售后服务、职业发展、汽车政策、汽车创新和汽车租赁等方向。每个单元基本形成“目标导入—情境预热—听说应用—阅读理解—语言聚焦—写作实践—文化拓展—自我评估”的结构。这里的“情境”负责提供语言使用背景，“任务”负责推动学生进行语言输出，“语言聚焦”则保证必要的词汇、句型和语法学习不会被职业主题掩盖。例如，在汽车营销单元中，学生先接触销售沟通和车辆介绍所需的表达，再观察汽车广告案例，最后完成中国汽车品牌的英文推广文案。这样，词汇和句型能够在输入、理解和输出之间反复出现，而不是学完一个知识点后立即结束。

校企协同编写，反复审核职业情境

完成内容框架后，教材进入具体编写阶段。编写组由外语教师、汽车专业教师和企业工程师组成。外语教师主要负责语言难度、教学顺序和任务设计；专业教师负责汽车知识、技术概念和专业术语；企业工程师则重点判断场景是否符合岗位实际。

三方合作的重点不是“共同署名”，而是共同修改。尤其是在典型任务提炼、案例选择和职业对话设计等环节，企业人员的意见直接影响教材文本。例如，一个销售对话不仅要有正确的英语表达，还需要符合销售流程；一个维修情境也不能只罗列汽车部件，而应体现故障描述、问题确认和服务沟通等实际环节。

这种方式能够减少公共英语教师单独设计职业场景时容易出现的“像职业、但不像工作”的问题，同时也避免专业内容过多挤压语言学习空间。

同步开发数字资源，延伸纸质教材的功能

数字资源不是教材完成后的附加产品，而是在教材开发阶段同步规划。根据不同教学环节的需要，形成三类资源。

1.3D数字人微课。12个单元分别配套10 min以内的课前微课，重点处理基础句型、听力核心词汇以及阅读背景和高频词

汇，并提供中英双语字幕。它主要承担课前语言输入，使课堂可以把更多时间用于交流和任务实践。

2.Web3D虚拟展厅。12个单元对应12种职业场景，包括汽车文化展厅、多车型展示区、国际车展展台、生产线车间、品牌展台、绿色出行场景、中华汽车文化展厅、智能座舱、维修工位、租赁门店、招聘现场和创新科技区。学生进入相应场景后，可以通过三维汽车模型和虚拟人物触发口语任务，使语言练习具有更明确的职业空间。

3.是AI语音交互系统。学生在虚拟场景中完成口述任务后，系统能够对发音和部分语法问题进行反馈，并依据单元口语评价标准形成练习记录和评分报告。其主要作用是提供可重复的练习机会。教师仍然负责对表达内容、交际效果和职业素养进行综合评价。

由此，数字资源与纸质教材形成分工：微课服务课前预习，纸质教材承担课堂学习，虚拟展厅和AI系统支持课后实践。资源建设不再是“教材+若干二维码”的简单叠加，而是围绕同一学习目标形成连续的学习流程。

教学试用与反馈修订，形成动态更新机制

教材开发完成并不意味着开发过程结束。编写组在教师试用和资源使用过程中收集反馈，对教材结构、阅读难度和数字平台使用情况进行观察。实践中发现，模块化结构便于教师根据课堂需要调整教学顺序，虚拟展厅能够增加学生开口练习的机会，但部分阅读材料的难度梯度仍需细化，平台稳定性和AI对汽车专业术语的识别准确率也需要进一步提升。这些问题说明，新形态教材必须建立反馈机制。对于纸质教材，可以根据教学反馈调整案例、任务和语言难度；对于数字资源，则可以更快地更新内容。特别是在新能源汽车和智能网联汽车技术快速发展的背景下，教材中的行业术语和职业场景不可能长期保持不变。因此，试用反馈和行业变化都应成为下一轮教材修订的输入。

职业素养与课程思政的融入

职业本科公共英语教材不能只关注语言技能，还应帮助学生形成基本的职业意识。本教材没有把课程思政单独设置为附加栏目，而是将其与汽车行业内容结合。这种融入方式强调“内容先行、价值自然进入”。思政元素如果与语言任务脱离，容易成为额外的说教；如果进入阅读、口语和写作任务，则能够成为学习过程的一部分。

通过中国汽车品牌的发展、中国汽车工业由引进吸收到自主创新和国际化发展的相关材料，引导学生认识行业变化，并学习用英语表达中国汽车发展的事实。

职业精神通过具体工作任务体现。在售后服务、汽车诊断等场景中，学生需要关注规范、耐心、责任和沟通。语言任务完成得是否准确只是一个方面，能否按照职业要求与客户交流、解释问题和提供服务，也是任务评价的重要内容。

国际视野通过跨文化沟通体现。汽车产业具有明显的国际化特征，教材设置国际交流和汽车文化相关任务，让学生在了解不同汽车文化的同时，练习用英语介绍中国汽车和表达自己的观点。

开发实践的特点与反思

从整个开发过程看，本教材形成了三个较为明显的特点。

开发起点由“教材有什么”转向“岗位需要什么”。需求调研使教材主题和任务有了较明确的来源，也使专业内容的选择不再主要依靠编写者个人经验。

开发方式由“单方编写”转向“多方协同”。外语教师、专业教师和企业工程师分别从语言、专业和岗位三个角度参与内容形成，使职业情境的真实性得到较好的保障。

教材形态由“纸质课本”转向“资源体系”。数字人微课、Web3D展厅和AI口语系统分别对应预习、场景实践和口语反馈，使学生能够在课堂之外继续使用教材资源。

结语

职业本科通用英语教材改革的核心，不是把普通英语教材简单“汽车化”，而是重新建立公共英语与专业人才培养之间的联系。《大学英语》（汽车方向）的开发实践形成了“需求调研—目标定位—内容重构—校企协同—资源配套—试用改进”的开发路径，并在此基础上构建了“纸质教材+数字人微课+Web3D虚拟展厅+AI口语交互”的资源体系。这一实践表明，新形态教材的关键价值并不在于形式更新，而在于能否把行业需求真正转化为学生可以学习、练习和评价的语言任务。后续研究还需要通过前测与后测、课堂观察、学习行为数据以及师生反馈，对教材的语言学习效果 and 职业能力支撑作用进行持续检验。随着新能源汽车、智能网联汽车等技术不断变化，教材也应保持开放的更新机制，使需求分析、内容开发、数字资源和教学反馈形成循环。

因此，新形态教材建设不是一次性的出版工作，而是一个持续调整的教学改进过程。只有让行业需求、语言教学和数字技术保持稳定互动，职业本科通用英语教材才能真正成为连接大学英语学习与未来职业发展的有效载体。A

课题项目：2024年“三融”外语教学改革专项课题“职业本科通用英语新形态教材开发研究——以汽车类专业为例”（编号：WYJZW-2024-1004）

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

