

2025

智能车灯产业白皮书

光影智驾 点亮未来

2025 智能车灯产业白皮书

版权所有©中汽研汽车检验中心(天津)有限公司 | 深圳引望智能技术有限公司 | 赛力斯汽车有限公司 | 中国第一汽车集团有限公司 | 常州星宇车灯股份有限公司, 保留一切权利

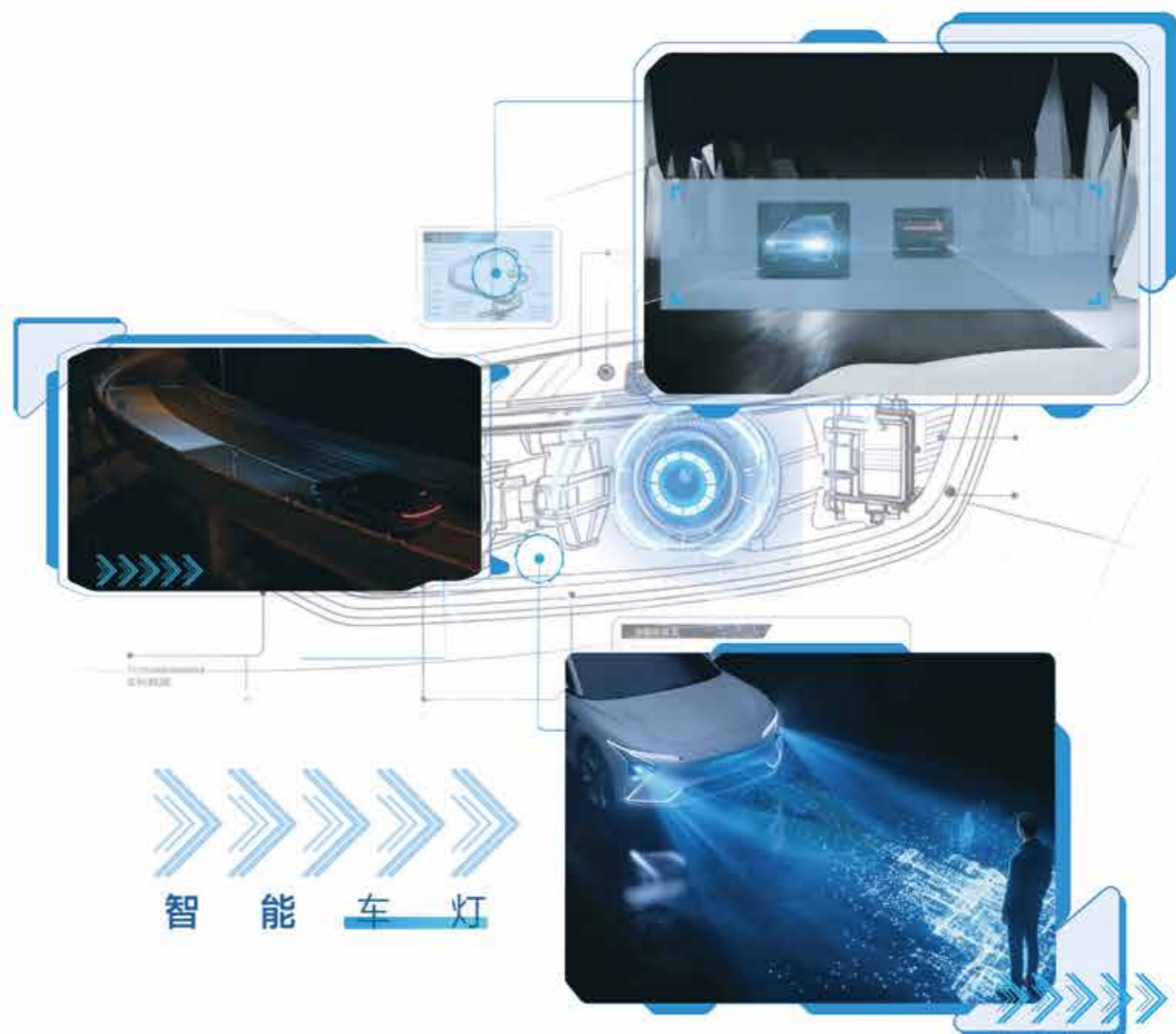
非经版权所有方书面同意, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部。

商标声明

在本手册中出现的所有商标, 产品名称, 服务名称以及公司名称, 均由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息, 包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素, 可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此, 本文档信息仅供参考, 不构成任何要约或承诺, 版权所有方不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任, 并且可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。



智能车灯

前言

——汽车正经历一场百年未有的智能化、电动化变革。在这场变革中，车灯作为“**汽车之眼**”，正告别其长达一个多世纪的单一照明使命，经历一场深刻的角色重塑。从被动发出光线，到主动感知环境、交互通信、表达情感，智能车灯已演进为整车智能化生态中不可或缺的核心视觉感知与交互单元。

——本白皮书旨在厘清智能车灯的本质定义、核心价值与发展全貌。我们系统梳理了从传统照明到智能照明的演进逻辑，指出高像素级控制、高精度环境感知与场景化算法驱动、多应用生态是区分“真智能”与“伪装饰”的关键标尺。基于详实的市场数据与技术分析，我们描绘了千亿规模的产业蓝图，研判了智能车灯产业的发展趋势。同时，报告深度解读了全球法规与测评体系的演进如何为创新划定跑道，并呼吁产业链上下游凝聚共识：**智能车灯不是可选配置，而是提升行车安全、重塑人车关系、定义品牌差异的战略核心。**

——展望未来，智能车灯将是“软件定义汽车”理念在外部最直观的体现，是连接人、车、环境的动态信息界面。我们期待通过本报告，**推动产业从无序竞争走向基于价值创新的有序升级，共同照亮智能出行新时代。**

第一章

车灯发展历史及智能车灯产生的驱动力 01

- 一、车灯发展的前世今生 01
- 二、智能车灯产生的驱动力 02

第二章

什么是智能车灯 03

第三章

智能车灯的安全升级与场景化价值 04

- 一、智慧照明——从被动照明到主动防护 04
- 二、智能交互——从信号传递到意图表达 11
- 三、智享娱乐——从功能部件到情感载体 12

第四章

智能车灯的市场空间和发展趋势 14

- 一、智能车灯的市场空间分析 14
- 二、智能车灯技术典型应用案例 16

第五章

智能车灯核心技术对比及发展趋势 17

- 一、像素级光源及投影成像技术 17
- 二、算法控制与网络架构技术 18
- 三、跨领域协同技术 19

第六章

智能车灯产业生态与竞争格局 20

- 一、车灯产业链图谱 20
- 二、跨界合作模式和案例分析 23

第七章

智能车灯政策法规测评 25

- 一、全球智能车灯法规体系 25
- 二、全球智能车灯测评体系 27

第八章

挑战与展望 31

- 一、智能车灯产业面临的核心挑战 31
- 二、智能车灯产业的发展潜力与未来展望 31

结 语 33

附 录 34

第一章

车灯发展历史及智能车灯产生的驱动力



一、车灯发展的前世今生

在汽车产业的演进历程中，车灯作为车辆核心配置之一，始终与技术进步和用户需求紧密相连，其发展脉络清晰勾勒出汽车工业的升级轨迹。

20世纪90年代初，卤素灯成为前照灯主流光源。随后氙气灯凭借高亮度、低能耗及更长使用寿命成为市场新选。21世纪初，LED（Light Emitting Diode，发光二极管）车灯正式进入公众视野，并以革命性的发光效率、能耗控制及远超传统灯泡的使用寿命，开启了车灯技术的新时代^[1]。进入2015年以后，车灯产业全面迈入智能化新阶段，核心逻辑也逐步从“功能定义场景”转向“场景定义功能”。Micro-LED（Micro Light Emitting Diode，微型发光二极管）、DLP（Digital Light Processing，数字光处理）等新型光源成像模组实现规模化应用及跨领域技术的深度融合，推动车灯从单一照明工具向多维度交互智能终端升级，见下图1。

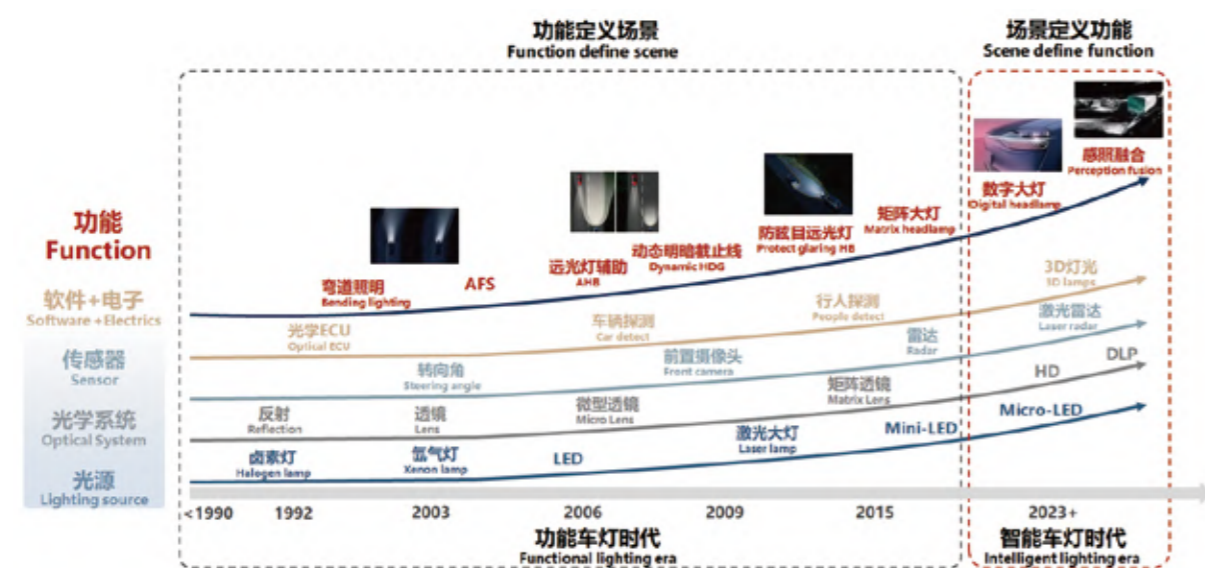


图1 车灯发展进程图

二、智能车灯产生的驱动力

车灯智能化的快速发展并非单一因素所致，而是多重产业浪潮汇聚的结果。在市场与消费端、技术与产业端、政策与标准端三方驱动力的共同作用下，车灯逐渐超越其传统照明角色，开始向感知、计算、交互一体化的智能车灯方向演进^[2]。

市场与消费端，新能源汽车的快速渗透为车灯智能化提供了核心硬件支撑。中汽协数据显示2024年中国新能源汽车渗透率已达47.6%，其搭载的先进电子电气架构渗透率超90%，为高精度ADB（Adaptive Driving Beam，自适应远光灯）、照明光毯等智能车灯功能的拓展创造了硬件条件。同时，消费升级趋势下的用户需求逐年上升，标志着车灯正从基础照明配置升级成为彰显车辆科技感与个性化的核心卖点。

技术与产业端，“软件定义汽车”的行业共识重构了智能车灯的发展逻辑。亿欧数据显示，2024年智能汽车域控制器渗透率达47.3%，为车灯与整车驾驶辅助、座舱交互系统的协同提供了关键支撑。同时，软件迭代速度持续加快，车辆OTA（Over-the-Air Technology，空中下载）升级频率年均超5次，使智能车灯功能的迭代周期从18个月压缩至6个月。

政策与标准端，以C-NCAP（China-New Car Assessment Program，中国新车评价规程）评分体系和国内强制性法规为核心的政策标准，形成了智能车灯发展的约束与引导。2024版C-NCAP规程新增ADB功能专项评分，具备ADB功能的车辆可较易获得更高的得分，测试结果将影响车辆星级评定。

三方驱动力环环相扣、协同发力，共同推动车灯由单一的传统照明功能，稳步向更智能、更安全、更具交互价值的高阶形态演进，成为汽车智能化转型进程中不可或缺的核心力量。

第二章

什么是智能车灯



所谓智能车灯，是指以高分辨率/像素化光源（如Micro-LED、DLP等）为核心硬件，集成环境感知传感器（摄像头、雷达等）与专用控制芯片，通过复杂算法实时处理车辆状态与交通环境信息，实现光照区域、亮度、形状动态自适应调整，并能进行场景化信息投影与交互的新一代汽车照明系统。

真正的智能车灯需同时具备**硬件层面的高精度控制、软件层面的智能算法驱动及多场景自适应功能**，而那些仅支持简单远近光自动切换的车灯或仅能够实现简单投影或娱乐功能，缺乏真正的环境感知与动态响应能力的车灯，无法满足智能车灯的本质要求，两者核心对比差异见下表1。

表1 智能车灯与传统车灯/伪智能车灯核心对比维度表

核心对比维度	智能车灯	伪智能车灯/传统车灯
硬件基础	具备 万级乃至百万级 可独立寻址的发光单元，能实现厘米级的精准照明与遮蔽	支持整灯或大区块的开关/调节（如简单分区ADB），无法实现精细轮廓跟随与复杂图形投影
软件算法	感知-决策-控制算法闭环，毫秒级完成从目标识别到光形调整的全过程	依赖预设模式或简单逻辑，无实时环境感知与计算能力
价值体现	能自动识别并优化高速、城区、弯道、雨雾、泊车等十余种场景的照明与交互策略，且功能可通过OTA迭代升级	功能固定，场景适应性差，无法在车辆生命周期内升级更新

从上述差异对比发现，智能车灯的核心竞争力源自硬件、软件与场景感知的协同赋能，其背后是光学技术、芯片算力、传感器融合与电子架构进步的共同支撑。随着相关技术逐渐成熟与成本下探，智能车灯正从高端车型向更广阔市场普及，成为智能汽车时代不可或缺的重要组成部分。



第三章

智能车灯的安全升级与场景化价值



智能车灯作为汽车与环境交互的核心视觉接口，其角色已完成从单一功能部件向汽车智能化核心部件的战略转型。智能车灯不仅将成为保障行车安全的基础配置，更将成为承载智能驾驶交互、塑造品牌差异化体验、构建人-车-环境协同生态的关键载体。其价值维度已延伸至智慧照明、智能交互、智享娱乐三大核心领域，推动智能出行体验实现全方位升级。

一、智慧照明——从被动照明到主动防护

> 1.高精度ADB

普通前照灯开启远光时易对对向或跟车车辆驾驶员造成眩光，关闭远光则驾驶员视野受限。为此，传统ADB功能应运而生，其通过简单的分区控制实现基础的远光自适应调节，能初步遮蔽对向或同向车辆区域，缓解眩光问题，但该技术存在明显局限：遮蔽范围粗糙，易过度遮蔽影响本车视野，或遮蔽不足仍产生眩光；对行人、非机动车等小型目标识别能力弱，动态跟随响应滞后，难以应对复杂路况。

而高精度 ADB 作为传统ADB的高阶演进形态，依托高分辨率光源、精准环境感知与快速算法响应，实现了从粗略分区控制到像素级精准调控的质变，成为智能照明的核心功能之一，见下图2。



图2 不同像素ADB照明效果图（从上至下依次是简单分区ADB、低分辨率ADB、高精度ADB）

测试结果显示，与普通ADB功能相比，高精度ADB在目标物遮蔽精度、动态跟随效果、多目标物识别、弱势交通参与者保护等方面都有着显著的性能提升。

在遮蔽精度方面，高精度ADB能够在较远距离下快速识别对向车、同向前车，生成与目标轮廓高度吻合的独立暗区，横向遮蔽范围精准控制在单车道内，避免过度遮蔽影响本车视野，同时径向遮蔽阴影极短，减少跟车时的视野盲区，见下图3、图4。此外，遮蔽精度的提升使得高精度ADB相较传统远光的光通量损失更小，在实现防眩光功能的同时，能为驾驶员提供充足的远光照明。

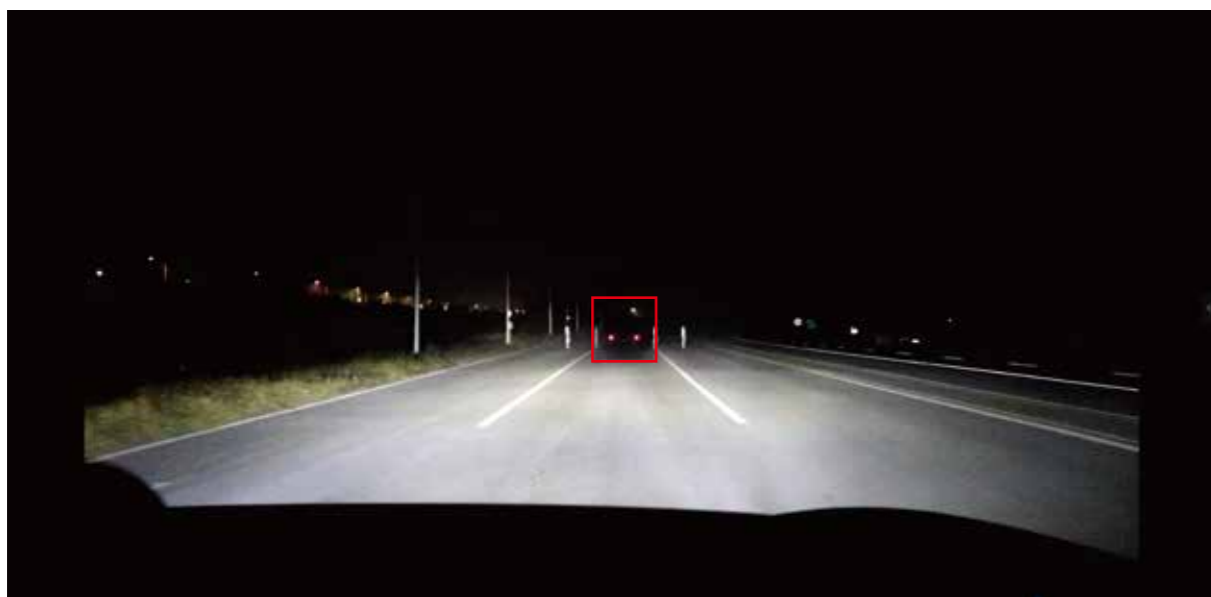


图3 遮蔽宽度实测图



图4 不同遮蔽径向高度实测图（右侧为良好遮蔽高度效果）

在遮蔽动态跟随效果方面，在弯道、坡道、自车变道或目标车变道等复杂工况中，高精度ADB遮蔽框能够实时跟踪目标车辆的位置变化，无明显滞后或丢失的情况，见下图5。该性能确保ADB系统在多变的路况中仍能保持稳定的安全防护与交互连贯性，增强安全性与交互稳定性，提升驾驶者在复杂环境中的信任感。



图5 高精度ADB遮蔽动态跟随实测图（左侧为正常跟随，右图为跟随失败）

在多目标物识别方面，高精度ADB支持3-5辆以上车辆的识别，并能够实时分配独立遮蔽框，支持遮蔽框的快速分离与合并，在应对多车交汇、变道等复杂路况时稳定可靠，不会出现遮蔽遗漏或延迟，见下图6。



图6 高精度ADB多车目标识别实测图

在弱势交通参与者保护方面，高精度ADB可精准识别行人、非机动车，针对性遮蔽其上身避免眩目，同时保留腿部或车体的基础照明，既保障弱势群体安全，又让驾驶员清晰识别目标，见下图7。



图7 高精度ADB弱势交通参与者保护实测图

高精度ADB与普通ADB在上述关键指标上的测试结果差异，见下表2。

表2 普通ADB与高精度ADB关键指标测试结果对比表

关键指标	普通ADB	高精度ADB
遮蔽精度	宽度大于两个车道、径向存在盲区暗影	宽度小于1车道、径向无暗影
照明损失率	大于30%以上	小于10%
遮蔽跟随	无法做到实时跟随滞后、丢失目标	实时跟随目标物，无滞后、丢失情况
多目标物识别	单目标物识别，或者多目标物共用一个遮蔽框	同时支持3-5个目标物的遮蔽，实时分配独立遮蔽框
弱势交通参与者保护	无法识别行人、非机动车等	精准识别行人、非机动车并进行精准照明及防护

> 2、照明光毯

照明光毯技术是一种基于智能光学投射技术的场景化动态照明功能，通过车灯内的高精度投射模块，将特定的光线图案投射到车辆前方的地面，形成类似“光毯”的可视化照明效果，并根据车辆驾驶轨迹提前做出预测性照明。照明光毯可以通过地面照明范围的可视化引导，为驾驶员提供直观的路径指引、安全警示和路况提示，见下图8。



图8 照明光毯功能效果展示图

测试结果显示，照明光毯可以显著地增强目标车道地面前方的照明强度，同时能够准确地沿着直道、弯道驾驶轨迹或道路标线进行预测性照明，且光毯照明范围均匀性一致，无局部过曝或昏暗区域，周边光照过渡自然，未引起驾驶员和周边道路交通参与者的不适。

在道路增强照明方面，照明光毯可在目标车道前方延伸，对前方地面照明起到增强的作用，同时可以根据车辆速度动态调整照明范围与投射照度，有效地扩展驾驶者的安全视野并强化交互指引，增强了前方道路的清晰度，提升了驾驶者的掌控感与安心感，见下图9。



图9 照明光毯道路增强实测图

在行驶轨迹预测方面，当车辆有转向、变道意图（方向盘偏转或转向灯开启时），结合车辆转向角度、行驶速度、导航路径等实时信息，照明光毯能够在车辆前方地面投射出与预判轨迹精准匹配的轨迹指引，并伴随车辆轨迹变化做出动态调整，始终与行驶路径保持一致。照明光毯轨迹指引范围内的坑洼路面、障碍物可以被提前识别，极大地提高了行车安全，见下图10、图11。



图10 照明光毯右变道实测图



图11 照明光毯左变道实测图

在道路标线贴合度方面，在车辆行驶过程中照明光毯与车道线贴合紧密，在直道以及不同半径弯道中均能稳定贴合道路，有效扩展驾驶视野，增强行车安全与操控信心，见下图12。



图12 照明光毯道路标线贴合实测图

在照明范围均匀性方面，光毯照亮区域整体照度均匀性超过90%，且无局部过曝或昏暗区域，见下图13。



图13 照明光毯均匀性测试示意图

高精度ADB和照明光毯的安全价值已获得行业和消费者的广泛认同。从2024年度C-NCAP照明安全评价规程测试得分率统计来看，与传统近光灯相比，装备ADB功能的车辆在道路地面前方照射距离、弯道照射距离以及行人探测距离三个测试指标分别**提高了4.8%、11.8%、19.2%**，同时相对传统近光灯，对应眩光区域的总体加权光通量平均**下降约30%**。HUAWEI XPIXEL智能车灯模组的实测数据显示，百万级像素ADB可使夜间行车视野范围**提升185%**。装备照明光毯的车辆则显著地增强了车辆前方的地面照明，地面照明亮度**提升50%**，对坑洼路面和地面障碍物的识别距离则分别**提升约55%-60%**。

用户调查则显示^[3,4]，有**超过68%**的用户认为自适应照明技术显著提升了夜间行车安全性，**超过72%**的终端车主将车辆照明效果列为核心关注项。

二、智能交互——从信号传递到意图表达

当前，车辆主要依靠手动操作传统外部照明光信号（转向灯、制动灯、倒车灯等信号灯）或鸣笛表达自身意图，不仅容易造成光污染或噪音污染，并且在复杂的交通流或特殊场景下极易被误解或无法识别。例如，夜间视线差时，灯光信号误解导致的事故风险显著增加，在视线被遮挡时(如公交站、路口、变道超车等场景)发生的“鬼探头”等事故频发，再比如，车辆鸣笛是城市夜间噪音污染的主要来源等等。这些行业痛点可通过智能车灯的交互功能实现系统性改善：其场景化光语表达可代替传统信号交互，不仅消除了光、噪音污染，更能在视线遮挡、夜间行驶等特殊场景中强化意图识别，从源头降低事故发生率。

> 车外交互灯语

礼让行人灯语通过可视化灯光信号的地面投影，清晰传递车辆“礼让行人”、“正在倒车”、“自动驾驶中”等驾驶意图，实现车与行人、车与车之间的高效无声沟通，见下图14。



图14 礼让行人功能展示

> 泊车引导与警示

泊车灯语可通过地面特殊符号投影传递会车避让车辆或行人、自主泊车入位、驶出、自主靠边临停等待等意图，避免其他车辆误判，见下图15。



图15 泊车灯语功能展示图

从行业趋势来看，车灯场景化交互也已成为诸多车企，尤其是新能源车企打造产品差异化的关键赛道。比如宝马X3的“天使之翼”迎宾功能，问界M9、尊界S800搭载的“智慧迎宾、泊车灯语”功能，奥迪E5 Sportback的“星钻光幕”、极氪007首创的“STARGATE”一体式智慧灯幕等等。统计结果显示^[3]，有**85%**以上的新能源车企已将车灯场景化交互列为购车核心卖点，其本质上也是在响应用户对人车、车车、车与环境的交互方式的潜在需求，但也需要注意，智能车灯交互功能的使用要以不违背法律法规为前提。

三、智享娱乐——从功能部件到情感载体

随着消费者对个性化体验需求的提升，智能车灯可以充分发挥其智能化优势从而成为构建用户情感连接的重要媒介，通过创新设计实现人车情感互动，成为品牌差异化竞争的关键要素。

> 仪式感迎宾

超近场迎宾功能打破传统迎宾灯固定图案、短距离投射的局限，可在车前3-7米的黄金区域投射个性化图案（如品牌标识、用户定制图像），且适配地库等封闭场景，即使在狭窄停车位也能完整呈现迎宾效果。同时快启互动迎宾则通过智能感知（位置识别、用户靠近检测）实现极速启动，在车主靠近车辆前便完成光影投射，形成车主未至、光影已候的仪式感，见下图16。此外，在节日、纪念日等特殊

场景，用户可通过座舱 APP 自定义迎宾主题，让迎宾成为传递情感的载体。这些设计，将出行的起点与终点转化为充满仪式感的时刻，满足用户对尊贵体验的情感需求。



图16 近场迎宾功能展示图

> 个性化定制及娱乐功能

依托车云系统OTA更新能力，智能车灯可持续新增交互与娱乐功能，如“节奏灯光秀”、“户外露营主题灯光”（模拟星空、篝火光影）等，企业还可联合车企、第三方生态伙伴进行场景联创，例如与视频平台合作开发“车载电影投影模式”（将车外墙面转化为幕布）、与游戏公司推出车灯体感游戏，通过光影变化实现互动操作等，见下图17、图18。此外用户可通过手机APP或座舱系统自由定义投影内容（如迎宾图案、驻车时的背景画面）等，让车灯功能“常用常新”。



图17 影音空间功能展示图



图18 体感游戏功能展示图

用户调查显示^[3]，投影类迎宾灯在中高端车型与新能源车型中备受青睐，有**超过43%**的用户希望通过车灯实现个性化表达（如自定义投影内容、灯光秀）等。其中，年轻用户对专属感的需求更为强烈，智能车灯这种个性化定义的特性精准匹配了年轻客户群体的消费偏好，使得用户粘性得以进一步提升。

第四章

智能车灯的市场空间和发展趋势



一、智能车灯的市场空间分析

当前，全球智能车灯市场正迎来快速扩张期，市场规模持续增长，展现出强劲的发展潜力。行业调研数据显示，在乘用车市场，2025年全球前照灯市场总产值预计达到**191亿美元**，预计到2030年将达**273亿美元**，复合年均增长率约为**7.4%**。中国市场同样呈现稳健增长态势，2025年预计达到**67亿美元**，到2030年预计将增至**107亿美元**，复合年均增长率约为9.8%，约占全球市场规模的**35%至39%**，见下图19。全球市场规模稳步增长，反映出汽车产业整体规模的扩张与照明系统需求的持续提升，也为智能车灯行业的快速发展奠定了基础^[5-9]。

前照灯市场规模预测（2025-2030）单位：亿美元

数据来源：YH Research及行业技术领先企业调研

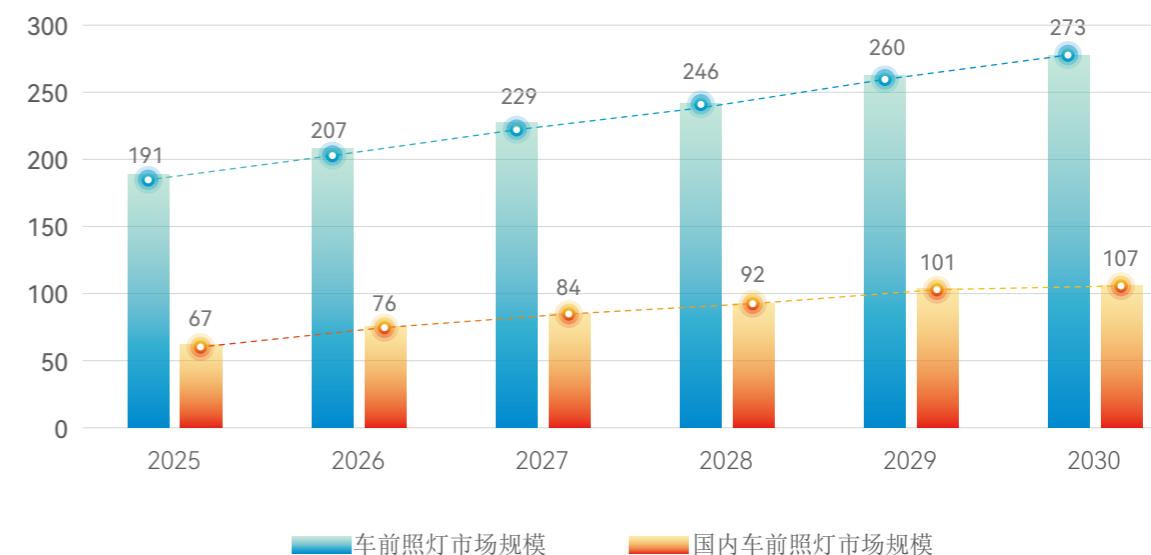


图19 前照灯市场规模预测（乘用车市场）

智能车灯市场正呈现出爆发式的高速增长态势，见下图20。2025-2030年期间，全球智能车灯市场规模预计将从**8.53亿美元**快速扩张至**83亿美元**，复合年均增长率**约为57.6%**；国内市场同步实现规模化

增长，同期市场规模预计从**2.59亿美元**提升至**36亿美元**^[9-14]，复合年均增长率约为**69.3%**。

这一爆发式增长的核心动力，源于智能车灯在像素化控制等方面的技术优势，其在新能源汽车与高端车型中的快速渗透，叠加消费者对车辆智能化、个性化配置需求提升的共同驱动，持续推动智能车灯市场扩容。

智能车灯市场规模预测表（2025-2030）单位：亿美元

数据来源：YH Research及行业技术领先企业调研

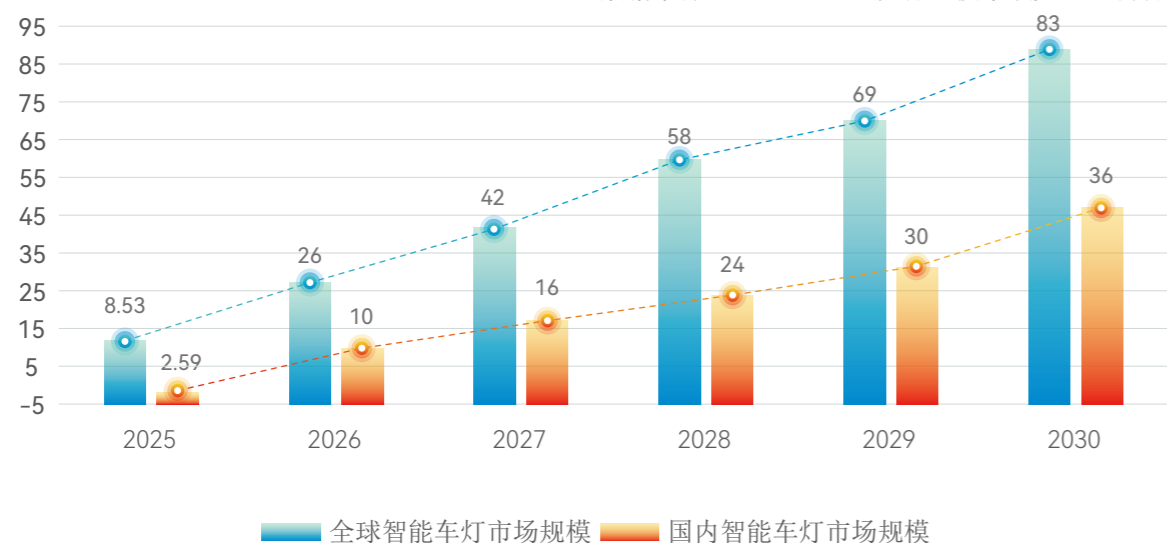


图20 智能车灯市场规模预测（乘用车市场）

随着智能车灯在提升行车安全、增强人车交互与视觉个性化方面的价值日益凸显，具备高精度ADB、高分辨率投影等协同能力的智能车灯，正逐步从高端车型的“选配”功能向更多级别车型的“标配”演进。

根据行业预测数据，智能车灯将在2025-2030年实现快速渗透。2025年其市场占比约为**1%**，主要应用于30万元以上高端车型及部分20万级新能源车型；到2027年，市场占比预计提升至**3%-6%**，应用范围拓展至20万元以上主流车型及部分15万级车型；2030年市场占比将进一步扩大至**15-20%**，届时15万元以上车型的智能车灯配置将大幅提高，**尤其是百万像素车灯会快速下沉到25万级以下的车辆**，将极大提高智能车灯的渗透率，见下表3。

表3 智能车灯市场占比预测及车型价格空间

年份	市场占比	主要应用车型	核心驱动因素
2025年	1%	30万元以上高端车型，部分20万以上新能源车型。如：问界M9、享界S800、奔驰EQS580、奥迪 e-tron Sportback、极氪9X，岚图泰山Max+、奔驰GLC、蔚来ET9、蔚来全新ES8、保时捷新款卡宴、大众途锐顶配版、奥迪 Q3、大众途观LPro等	高端品牌差异化竞争，自动驾驶感知需求
2027年	3%-6%	20万元以上主流车型，部分15万以上车型	量产规模扩大，成本下降，技术逐步成熟
2030年	15%-20%	15万元以上车型	技术成熟，与L2+L3自动驾驶深度融合；对环境感知精度要求提升

总体来看，在技术成熟、成本下降、自动驾驶需求升级等因素驱动下，智能车灯在整体车灯市场的占比将持续提升，渗透范围逐步覆盖更广阔的车辆价格区间。

二、智能车灯技术典型案例

当前，市场中已经涌现出多个智能车灯技术应用的典型案例，印证了智能车灯的产业化与商业化的蓬勃发展。其中，问界M9搭载的智能投影大灯系统尤其具有代表性。该车型采用百万像素级高分辨率照明技术，不仅能实现精准的光型分布与防眩目控制，还可通过路面投影实现车道指引、行人警示等交互功能，显著提升了夜间行车的安全性与用户体验。问界M9上市后市场反响热烈，其智能车灯系统成为产品的重要卖点之一，有效推动了高分辨率智能车灯在消费者认知与行业布局中的普及。

在问界M9的示范效应带动下，更多车企开始加速布局百万像素级智能车灯。例如尊界S800，其搭载的智能交互车语大灯同样支持百万级像素的精确照明与交互投影，在复杂路况下可实现自适应光型调整，并融合了导航与ADAS（Advanced Driver Assistance Systems，高级驾驶辅助系统）信息进行动态路面提示。而极氪9X搭载集成HUAWEI XPIXEL百万像素模组与星宇自研远近光+ADB高性能模组的双百万智能投影大灯，不仅具备高分辨率照明能力，还可与车载智能系统深度融合，实现诸如充电状态投影、龙凤迎宾光毯、窄路辅助照明等多场景功能，展现出智能车灯在个性化和体验化方向的延伸潜力。

综合来看，**智能车灯不仅在市场规模上具备明确的增长空间，在技术演进与用户接受度上也正处于快速成长期**。未来，随着相关法规逐步完善、供应链持续成熟以及整车智能化架构的深入推进，智能车灯有望在更广泛的车型中实现规模化搭载，成为智能汽车时代不可或缺的功能与体验载体。

第五章

智能车灯核心技术对比及发展趋势



智能车灯的实现依赖于像素级光源及投影技术、算法控制与网络架构技术、跨领域协同技术等关键技术系统集成。本章将围绕这几大技术支柱展开分析，梳理当前主流技术路线的优劣，并展望其发展趋势。

一、像素级光源及投影成像技术

车灯光源是智能车灯的视觉基础，高分辨率像素化光源如同智能车灯的“视网膜”与“投影底片”，为光线赋予了独立的分辨能力；再经由精密光学系统的高效传导与精准投射，最终实现了车灯光形的数字化与精细化控制。近年来，依托这一基础发展的车灯投影成像技术，已然成为汽车产业最具颠覆性和想象力的创新领域之一，它彻底打破了车灯仅用于照亮道路和信号提示的传统范畴，演进为一个集高精度照明、个性化表达、安全警示与人车交互于一体的动态数字投影平台。目前主流技术方案可按像素规模进行分类，具体技术参数比对见下表4。

表4 智能车灯像素化及投影成像技术参数对比表

技术路线	技术现状	像素/分辨率	核心优势	主要挑战	典型应用
Micro-LED	新兴光源技术，像素数量大幅提升	万像素级至十万像素级	像素尺寸小、亮度高、亮度和照射范围优，散热潜力大，且在光效、响应速度和集成度上表现突出，量产成熟度较高	投影清晰度一般，成本有待下降	奥迪Q3、蔚来ET9、保时捷卡宴、奔驰GLC等
DLP	基于德州仪器的DMD(Digital Micro-mirror Device,数字微镜元件)芯片，实现百万像素级投影，是“数字大灯”的代名词	百万像素级	分辨率极高，可投射任意复杂图形，功能强大	系统成本高、系统复杂且散热要求高	奔驰S级、奥迪A8、问界M9、尊界S800、极氪9X等

技术路线	技术现状	像素/分辨率	核心优势	主要挑战	典型应用
LCoS(Liquid Crystal on Silicon,硅基液晶)	处于前瞻研发与上车验证阶段，已有概念车和原型产品展示，但规模化量产案例极少，尚未成熟	百万像素级	高光效、高对比度；结构紧凑、面板简洁，助力光学系统小型化；投影分辨率潜力突出	材料对高温敏感，极端环境下的长期稳定性和寿命待考验；整体系统设计难度高	目前主要用于高端品牌的概念车型和技术演示平台

从像素级别划分，智能车灯可以划分为**万级像素**（以Micro-LED为代表）与**百万级像素**（以DLP为代表）两大技术阵营。目前来看，二者的核心差异本质上是“功能优先级”与“成本与性能平衡”的选择。

万级像素以精准照明为核心价值，通过万级独立发光单元实现车道级遮蔽、基础光毯指引等功能，其优势在于**平衡了智能照明需求与量产成本**，散热和可靠性更易满足车规要求，适合作为中高端车型的基础智能配置。但受限于像素数量，当前无法实现复杂图形投影、精细化交互等高阶功能，场景化表达能力较弱。

百万级像素则以“照明+交互双驱动”为核心，百万级独立像素可实现毫米级光形调控，**投影感官更为细腻**，并且在交互和娱乐场景上能够给用户带来**更好的视觉体验**，是高阶智能驾驶的重要视觉交互载体。但当前的核心短板在于成本高昂、系统复杂度高，对整车电子电气架构、散热设计的要求更高，目前主要在高端旗舰车型中使用。

两者并非绝对替代关系，而是根据车型定位、价格区间形成差异化互补的格局，共同助力智能车灯迈向全面普及。

二、算法控制与网络架构技术

现代智能车灯，尤其是数字化投影大灯，已成为算法驱动、车载网络协同的智能系统。感知层融合摄像头、雷达、导航数据识别道路目标，决策层毫秒级决定光形调节或投影内容，执行层通过车载网络驱动大灯微镜或像素点精准响应。网络架构方面，传统分布式控制已无法满足海量数据传输需求，主流方案转向车载以太网集中式域控制，利用中央计算平台或车身域控制器汇总传感器数据、运行照明算法，再通过高速网络将指令发送至大灯，灯体本地小型控制器负责最终像素级渲染，实现低延迟高带宽传输，保证控制指令的实时性，见下图21。此外，随着AI算法的深度介入，通过自学习模型，系统能不断优化光型以适应更多复杂的驾驶场景，甚至实现个性化的照明风格。基于中央计算平台的SOA (Service-Oriented Architecture, 面向服务架构) 将允许开发者创造更多的灯光场景和交互模式，用户可以通过OTA解锁新的灯光功能，使车灯真正成为一个可持续进化的智能终端^[15]。

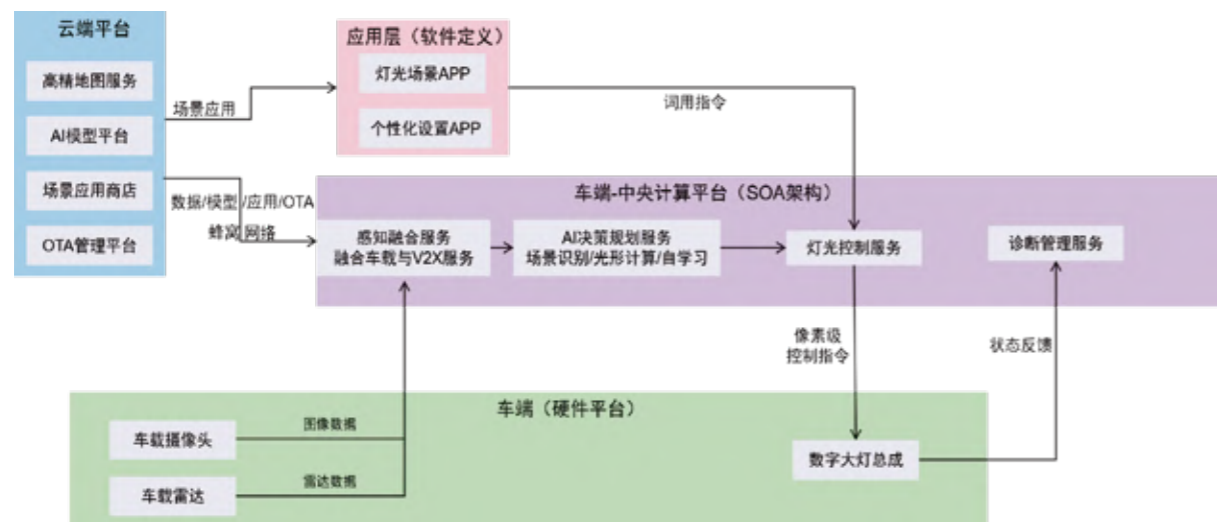


图21 智能车灯网络架构示例图

三、跨领域协同技术

未来智能车灯还将深度融入车路云体系，迈向“全域感知交互”新阶段。依托V2X（Vehicle-to-Everything，车联万物）实时通信能力，车灯将突破单一照明属性，成为车路协同的动态信号节点，例如通过场景化光效反馈路况信息、传递车辆行驶意图，构建视觉、通信的双重交互链路，同时绑定自动驾驶系统，依据云端路径与路侧数据提前优化光型，既强化环境感知，又传递自动驾驶状态，实现从服务单车到赋能全域交通效率与安全的升级，见图22。

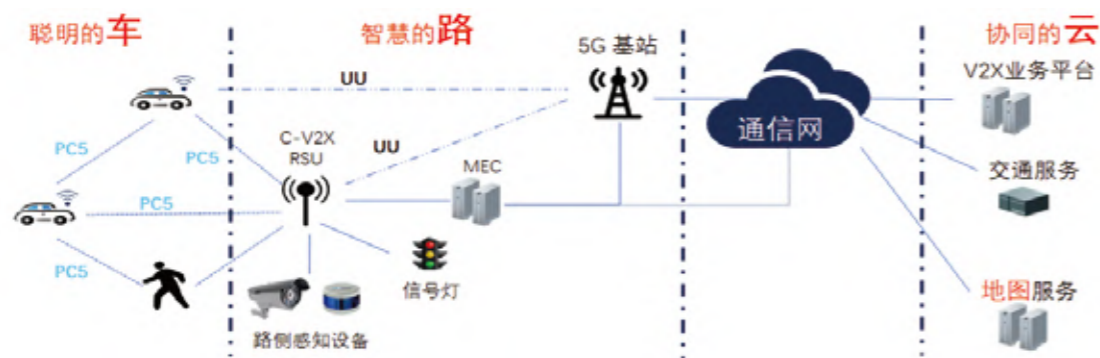


图22 车灯跨领域协同功能展示图

第六章

智能车灯产业生态与竞争格局

光学元件、传感器与车灯模组的深度融合，正重塑智能车灯产业生态格局。本章从智能车灯产业链各环节出发，梳理核心供应商、车企合作关系及跨界协同模式，揭示技术融合驱动的竞争新态势。

一、车灯产业链图谱

现代车灯产业链形成了“上游供应商—中游集成商—下游车企—终端应用”的高度协同、垂直整合的产业生态链，见下图23。

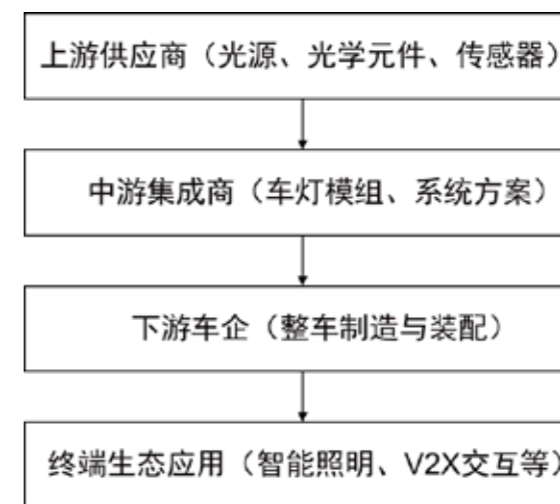


图23 现代车灯产业链图谱

上游供应商包括光源及光学元件制造商如艾迈斯欧司朗、德州仪器、英飞凌（排名不分先后）等，见下表5；中游集成商车灯及模组厂商有星宇股份、华域视觉、引望、海拉、马瑞利、法雷奥、小系（排名不分先后）等，见下表6；下游车企国外品牌有宝马、奔驰、大众、奥迪、丰田、本田、日产（排名不分先后）等，国内品牌包括比亚迪、吉利汽车、长城汽车、奇瑞汽车、长安汽车、上汽集团、一汽集团、东风汽车、广汽集团、北汽集团、蔚来、小鹏、理想、零跑、赛力斯、小米汽车、江淮汽车、江铃汽车（排名不分先后）等。

表5 上游主要供应商产业信息一览表

企业名称	市场地位	主要产品	核心竞争力
艾迈斯欧司朗	智能车灯光源与传感系统解决方案领导者	Micro LED模组 激光光源 LED光源	光源技术全球领先 提供从芯片到封装的完整解决方案 车规量产经验丰富
德州仪器	数字投影与照明控制芯片的垄断性供应商	DLP数字微镜器件; DMD控制器与驱动芯片	垄断DLP核心器件 车规级可靠性, 生态成熟
英飞凌	汽车电子电力与感知领域的基石	LED驱动IC MCU(Microcontroller Unit,微控制器单元)	车规芯片技术壁垒高 适配ADB精准控制 全球车企认可度较高
恩智浦	智能车灯控制芯片核心供应商	车规MCU ASSL (Advanced Solid State Lighting, 固态照明) 多光源驱动方案	车规级芯片技术成熟 适配车规严苛环境
舜宇光学	车载视觉与感知光学系统全球核心供应商	车载摄像头光学镜头	光学设计规模领先 成本控制优秀
日亚化学	日系车企白光LED主要供应商	白光LED芯片、光学材料	白光专利壁垒、光效稳定 适配智能照明场景
首尔半导体	韩系车企主要供应商	无封装LED模组	无封装技术散热优异 适配高功率智能车灯
三安光电	国产LED芯片替代主力	高性能LED光源 ADB专用LED芯片	国产芯片替代龙头 成本优势明显 车规级认证齐全
国星光电	国内Micro-LED车灯方案覆盖较全	多级ADB车灯光源	国产Micro-LED领先者 适配主流智能车灯

表6 中游主要集成厂商产业信息一览表

企业名称	市场地位	主要产品	核心竞争力
星宇股份	智能车灯“感-照-显-投-控”全栈技术与系统解决方案的创新引领者	ADB自适应远光大灯 DLP数字投影大灯 Micro-LED 数字投影大灯	研发灵活、市场响应快; 率先攻克DLP等前沿技术
华域视觉	全栈式车灯中国解决方案领导者	DLP数字投影大灯 矩阵式LED大灯 Micro-LED数字投影大灯	本土化优势显著, 产业链布局完备; 国内率先实现DLP大灯量产
引望	智能汽车光技术与解决方案的跨界赋能者	HUAWEI XPIXEL智能车灯模组解决方案	信息通信技术与光学深度融合, 实现超精细控制, 光技术全链路自研; 依托华为生态, 品牌资源优势突出
海拉	电子与照明系统深度融合的全球专家	数字化平面光系统 高清矩阵大灯	电子控制技术深厚, 集成能力强; 模块化设计, 适配全球客户需求
马瑞利	全球车灯设计与数字技术创新引领者	数字投影大灯 Micro-LED高清照明系统	设计与数字创新能力突出; DLP投影技术积淀深厚
法雷奥	全系照明技术与规模市场的全球巨头	矩阵光束技术 激光照明技术 微型数字投影模块	产品覆盖全技术路线, 核心技术研发与专利储备雄厚; 全球布局, 规模与成本优势显著
小系	以极致可靠性和成本控制著称的车灯总成顶级制造商	高精度ADB系统 像素级LED照明模组	品控严苛, 故障率极低; 核心环节垂直整合, 稳定性强, 精益生产, 效率高
大茂堤维西	为市场提供高性价比的主流技术和产品	整车智能灯具 智能车灯控制模块 智能交互灯语控制单元	主流照明技术研发能力 规模化生产与成本控制 全球市场渠道
斯坦雷	以光学精密技术立身的日系品质标杆	高分辨率LED投影大灯 小型高亮度LED模组	光学设计与精密制造全球领先; 技术积累深厚, 专利丰富
安瑞光电	深耕汽车电子领域的智能车灯核心供应商	像素级矩阵式LED大灯 “星耀”智能车灯平台模组	自研“星耀”平台支持 OTA; 车规级芯片自给, 供应链风险低
歌尔光学	高端智能投影车灯领域技术领跑者	Micro-LED超高清投影大灯	精密光学制造工艺领先; 自研光效补偿算法, 适配复杂路况
鸿利智汇	国内LED车灯封装龙头	ADB自适应大灯	产业链整合优秀, 成本优势显著; 车规认证齐全, 品控比肩国际一线
光峰科技	智能车载激光照明核心供应商	智能激光大灯 车规级投影巨幕	原创激光照明技术; 车规级认证完备
得邦照明	新兴势力核心供应商	整车照明解决方案	通过收购快速切入车载领域; 研发团队源自国际大厂, 技术功底扎实

二、跨界合作模式和案例分析

产业融合背景下，车企与科技公司通过技术共享、生态共建等方式深化合作，形成多种跨界协同模式，如表7所示。合作的各方并非简单买卖，而是进行深度的技术整合、产品共研和生态共建。

表7 车企与科技企业合作模式

合作模式	特点
科技公司与传统车灯企业合作	科技公司提供核心技术，车灯企业负责系统集成、车规级验证与量产
顶级Tier 1（一级供应商）与专业技术公司合作	汽车行业巨头与掌握特定尖端技术（如激光技术）的公司合作，强强联合开发下一代产品
组建产业联盟，制定技术标准	多家企业组成联盟，共同定义和推广一套新的技术接口或协议

> 1. 技术整合与产品共研

技术合作及共研最核心的目标是打造出更具竞争力的智能车灯产品。。

核心硬件互补：合作方将各自的核心硬件进行整合，创造出"1+1>2"的效果。如法雷奥将自家的系统集成能力与光峰科技的ALPD®激光技术相结合，开发出的前照灯系统，亮度远超传统LED^[16]。

软硬件深度协同：硬件决定功能上限，软件则决定体验优劣。在智能车灯中，软件算法的重要性尤为突出。如星宇车灯联合引望共同开发的问界M9车型的百万像素智慧投影大灯，这个合作案例清晰地展示了专用硬件与智能算法的紧密结合，共同重塑车灯的功能与体验^[17]。

共创解决方案：一些合作会直接产出完整的参考设计或解决方案，帮助车企客户缩短研发周期。如极海与富玉隆联合推出了基于极海车规级MCU和LED驱动器的一体化参考设计^[18]。

> 2. 生态共建与市场拓展

除了具体产品，合作也着眼于构建更长远的行业生态和竞争优势。

构建认证伙伴体系：大型科技公司会通过建立认证体系，来管理并赋能合作伙伴。例如，引望成立了智能车载光业务联盟，并与包括星宇在内的多家车灯企业签约，给予营销、技术、供应链等多方面的支持^[19]。

共推技术标准：通过组建联盟，将一项创新技术推广为行业标准。如ISELED联盟旨在推广其智能LED技术。杰发科技加入后，MCU芯片支持ISELED协议，这有助于该技术在行业内更广泛地应用^[20]。

当前，车灯产业生态呈现出“技术驱动、跨界融合、链条重构”的鲜明特征。光学元件、传感器与模组厂商之间的界限逐渐模糊，车企与科技企业通过协同创新，共同推动智能车灯向“感知-决策-交互”一体化方向发展。未来，随着高精度ADB、车灯投影技术、V2X通信等技术的普及，车灯将进一步成为“第三空间”的核心交互界面，产业竞争也将从单一产品转向生态构建。

第七章

智能车灯政策法规测评



全球智能车灯法规正从“静态性能”向“动态可变”演进，测试对象也逐步由部件级转变为整车级，核心在于保障安全与鼓励创新之间的平衡。标准法规体系为高精度ADB、投影等智能车灯新技术划定了安全红线与创新空间，是产业从“无序竞争”走向“有序升级”的基石与护栏。企业需在标准框架内寻求技术突破，以实现合规与创新的协同发展。

一、全球智能车灯法规体系

当前全球智能车灯法规体系呈现“区域分化、核心趋同”的特点，主要划分为三大框架，见下表8：

表8 全球车灯法规智能化演进趋势总结表

地区/体系	核心标准/法规	关键技术进展	演进趋势与未来方向
欧洲体系	<ul style="list-style-type: none"> UN R148 UN R149 UN R48 	<ul style="list-style-type: none"> 光毯和倒车灯、转向灯投影提案通过 	未来方向：扩展ADB与感知系统集成、投影功能及符号，ADS（Autonomous Driving System，自动驾驶系统）标识灯法规制定中
北美体系	<ul style="list-style-type: none"> FMVSS 108 SAE (Society of Automotive Engineers, 美国汽车工程师学会) 系列标准 	<ul style="list-style-type: none"> ADB：2021年立法通过，技术要求与欧洲类似但需本地化适配 投影限制：暂未开放光毯、仅允许静态信号，禁止动态娱乐投影 	<ul style="list-style-type: none"> ADB从禁止到逐步开放。 未来方向：逐步完善ADB细则，潜在放宽投影限制
中国体系	<ul style="list-style-type: none"> GB 4785-2019 GB 4599-2024 GB 5920-2024 	<ul style="list-style-type: none"> 开放光毯及光信号投影 允许激光前照灯的使用 	未来方向：规范交互投影符号、ADS标识灯等

> 1. 欧洲车灯标准体系

欧洲车灯标准体系以UN R48以及UN R148、UN R149为核心构建了一套完整的技术框架。UN法规体系率先在ADB方面提出了明确要求，包括ADB功能的零部件级光学性能测试和整车道路功能验证方法。

在投影功能方面，逐步放宽驾驶员辅助投影功能和信号灯投影的应用。GRE (Working Party on Lighting and Light-Signalling, 联合国道路车辆照明和光信号工作组) 第91次会议通过了前照灯使用驾驶轨迹预测（光毯）功能；2025年5月GRE第92次会议批准了倒车灯投影功能（矩形符号），2025年11月GRE第93次会议进一步批准了转向信号灯投影提案。其中，驾驶员辅助投影符号的具体类型和条件由UN R48法规附件16规定，见下图24。



图24 UN R48目前可用于驾驶员辅助投影的符号示意图

GTB (The International Automotive Lighting and Light-Signalling Expert Group, 国际汽车照明和光信号专家委员会) 近年来持续向GRE提交灯光提案，涉及诸多车灯智能化功能提案，如光信号装置投射提案，允许车辆通过路面投影与周围环境及其他道路使用者进行丰富直观的信息交互，如转弯时投射转向轨迹以提升交叉路口安全性。GTB还推动ADB系统与摄像头、雷达、激光雷达等感知系统深度融合等项目研究，使车灯不仅能根据车辆位置调整光束，还能预测并响应潜在危险，如检测到行人时自动调整光束加强照明而不造成眩目。同时，GTB也在持续关注基于整车的照明安全评价解决方案，并有意承担E-NCAP (欧洲新车评价规程) 关于照明安全评价方面的研究及推进。

GRE作为联合国框架内的核心法规协调机构，是UN法规的官方制定机构，在推动全球标准统一方面发挥关键作用。中国在第89次GRE会议上介绍的“预测行驶轨迹”功能引起业内广泛关注，该技术将导航信息与车辆预计路径直观投射于路面，提升驾驶员对复杂道路的预判能力，并被纳入UN R48修订提案，反映了GRE对技术发展和实践需求的迅速响应，在自动驾驶ADS标识灯方面，第88次会议决定暂不制定新GTR (Global Technical Regulations, 全球技术法规) 法规，而是成立非正式工作组先开展ADS标识灯的基础研究，为技术成熟留出空间，避免法规过早限制创新。

> 2. 北美车灯标准体系

北美车灯标准体系以FMVSS 108法规为核心，对车辆照明设备的设计、安装、性能、颜色及认证提出了全面规范。所有进入北美市场的车辆灯具必须通过DOT (Department of Transportation, 美国交通运输部) 认证，确保产品完全符合FMVSS 108的所有规定。

在ADB技术方面，北美经历了长期的法规限制，直至2021年11月《美国联邦基础设施法案》通过后才被正式批准使用。当前，北美对车灯智能化的规范仍处于起步阶段，侧重于安全协同而非功能创新。例如：与欧洲市场开发的ADB系统相比，美国法规要求其必须进行本地化适配，以满足美国特定的安全性能要求。此外，FMVSS 108目前尚未对高分辨率投影功能设立专门章节，仅允许静态信号提示，如转向箭头，禁止动态娱乐投影。

但在SAE层面，情况有所不同。其中，SAE J3069提出并明确了ADB功能的道路测试要求，直接影响了108号法规的修订。此外，SAE J3134增加了对前、后、侧ADS标识灯的要求，SAE J3283明确了“灯光秀”的要求，包括在静止情况下车辆外部照明的闪烁、光强度变化或照亮区域变化要求，此外还规定了日间行车灯和/或远光灯功能在欢迎和/或离开动画中的使用条件等。

> 3.中国车灯标准体系

GB 4785-2019《汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定》是中国汽车灯光领域的核心强制性标准。随着智能驾驶技术的发展，该标准也纳入了针对自适应近光灯和ADB等功能的关键规定。GB 4785-2019为智能车灯技术设定了一条清晰的安全基线。它既鼓励通过自适应技术提升照明效果，又坚决要求避免对其他道路使用者造成眩光等。

GB 4599-2024《汽车道路照明装置及系统》已于2025年7月1日正式实施，它整合了此前多项汽车照明标准，并对智能车灯技术提出了明确的要求，重点变化情况多处涉及车灯智能化配置，标准首次明确自适应远光灯ADB功能的部件级配光性能考核方法，与欧洲标准保持一致，同时开放投影功能，允许近/远光灯具使用驾驶员辅助投射功能，但严格限定投影区域、光强及颜色。此外标准允许激光光源的使用，但也对激光光生物安全提出了明确要求。中国将以ADB规范化、投影合法化构建全球领先框架，通过安全优先、跨域协同、动态迭代三大原则，推动智能车灯技术安全与创新平衡发展。

根据全国汽车标准化技术委员会灯具及灯光分技术委员会的最新动态，目前已开展了GB 4785《汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定》的修订工作，在2025年5月的灯光标准研究工作组会议上，已专门讨论了修订草案中涉及ADB道路测试及ADS标识灯的条款。此外，为了确保驾驶员和外界对车灯功能有统一、清晰的认知，《汽车及挂车外部氛围灯技术规范》、《汽车外部灯具交互符号技术规范》等国家推荐性标准正在起草中，这些标准致力于统一投影及灯光交互提示符号的样式和使用条件。

二、全球智能车灯测评体系

法规为智能车灯的技术创新划定了基本框架与安全底线，而要验证这些技术在实际应用中的安全性与有效性，则离不开一套科学、严谨的测评体系。全球各大NCAP及测评机构正扮演着这一“验证者”与“推动者”的角色，见下表9。

表9 全球各大NCAP及机构对比表

测评体系	核心特点与测试重点	评价方法	演进趋势与未来方向
IIHS (美国)	<ul style="list-style-type: none"> 影响力巨大的非强制性保险评级 聚焦照明性能（直道>弯道）与眩光控制 	场地动态测试	推动行业技术升级，强化夜间安全导向
E-NCAP (欧洲)	<ul style="list-style-type: none"> 未设独立灯光分项，深度融入ADAS夜间性能评估。 	暂无	2030年有可能加入照明安全评价
ASEAN NCAP (东盟)	紧密结合东南亚混合交通（摩托车多）特点，评估AHB(Automatic High Beam, 自动远近光切换)、ADB基础性能。	报告审核及静态场景测试	持续深化其区域性特色安全守护者的角色，引领适用于本地的高性价比安全方案
J-NCAP (日本)	<ul style="list-style-type: none"> 纳入“预防安全性能评价”体系 鼓励自适应LED前大灯(ALH)和自适应远光控制(HBC) 	报告审核	持续深化“预防安全”理念，推动车灯从“被动照明”向“主动安全协同”演进
C-NCAP (中国)	<ul style="list-style-type: none"> 全球首个将照明安全独立纳入NCAP的评价体系 全面综合考核车辆照明安全及智能化车灯功能及性能 	光学性能静态与智能车灯道路功能测试	<ul style="list-style-type: none"> 2021版：开创整车级照明安全测评体系 2024版：加入ADB功能测试及验证 2027版规划：高精度ADB遮蔽率、投影交互等细分课题

> 1.IIHS照明安全评价体系

IIHS (Insurance Institute for Highway Safety, 美国公路安全保险协会) 在2015年8月率先推出了针对汽车前照灯的专门测评规程，这一体系并非政府强制性法规，而是基于保险业数据的自愿性评级，旨在通过推动技术进步来提升夜间行车安全。IIHS的灯光测试主要围绕照明性能和眩光控制两大核心维度展开。在评分和评级方面，IIHS采用一套严谨的扣分系统。在此系统中，近光灯的评分权重大于远光灯，这是因为近光灯在日常驾驶中的使用频率更高。同时，直道上的测试结果也比弯道更具权重，因为IIHS统计数据直道事故更为多发。最终，前照灯系统会根据得分被划分为四个明确的等级：优秀、良好、及格和差。值得注意的是，IIHS设有一条关键原则：在任何情况下，如果车辆灯光产生过度的眩光，对其他驾驶员造成严重干扰，则该车灯的最高评级将不会超过“及格”。这套系统在

2016年开始实施，在其初期评测中就曾揭示出市场上大量在售车型的前照灯性能与理想安全值存在着显著差距，这也正是IIHS开展灯光测试的初衷——通过独立、客观的评测，促使行业提升技术水平，最终保障道路安全。

> 2.E-NCAP照明安全评价体系

E-NCAP (European New Car Assessment Programme, 欧洲新车评价规程) 成立于1997年，由多个欧洲国家的政府倡导创立，是全球公认最具影响力的汽车安全评测机构之一。E-NCAP的测试规程会定期更新，其现行版本是2023版，而下一阶段的2026版已于2025年发布了1.0版本的规程，并计划于2026年1月1日起正式实施。在E-NCAP的评价体系中，目前，E-NCAP并未将整车灯光性能作为一个独立的评分项目，其对智能灯光技术的评价深度融入了对ADAS 的整体评估中。未来E-NCAP有计划将车辆外部视野、V2X、灯光整合为“车辆视觉”板块，目前相关的研究正在开展中。

> 3.ASEAN NCAP照明安全评价体系

ASEAN NCAP (New Car Assessment Program for Southeast Asian Countries, 东南亚国家联盟新车评价规程) 的照明安全评价体系紧密围绕东南亚地区特有的道路交通状况展开，尤其是摩托车众多且事故高发情况，其核心在于评估车辆的主动安全技术，特别是那些能够在复杂的混合交通中预防事故发生的能力。具体而言，ASEAN NCAP将能够根据对向来车等情况自动切换或调整远近光灯的ADB和自动远近光切换功能纳入评价范畴，其评价核心是规范车辆AHB/ADB系统的测试标准、流程和要求，以提升夜间行车安全性，尤其降低摩托车驾乘人员的事故风险。

> 4.J-NCAP照明安全评价体系

J-NCAP (Japan New Car Assessment Program, 日本新车评价规程) 的灯光测试评价体系，是其“预防安全性能评价”中的重要组成部分，旨在评估先进的前照灯系统在提升夜间行车安全方面的能力。J-NCAP对前照灯性能的评估主要聚焦于两大关键领域：ALH (Adaptive LED Headlight, 自适应LED前大灯) 和HBC (High Beam Control, 自适应远光灯控制系统)。ALH这项评价关注的是车辆是否配备了能够自动防眩目的自动防眩目型前照灯，以及能够根据车速和环境自动切换远近光的自动切换型前照灯。J-NCAP通过引入对先进前照灯系统的评估，鼓励汽车制造商开发和应用更能适应复杂环境、提升夜间驾驶安全性的照明技术。

> 5.C-NCAP照明安全评价体系

C-NCAP照明安全管理规则 (2024年版)

2024版C-NCAP照明安全管理规则在2021版的基础上增加了自适应远光灯测评项目，包括静态测试和道路测试。静态测试可以有效地测量自适应远光灯ADB带来的路面照明效果以及对人眼眩光是否有效避免。道路测试可以精准地测量自适应远光灯的响应效果，响应时间以及遮蔽宽度，为企业提供有效的

设计验证。

C-NCAP照明安全管理规则 (2027年版)

2027版C-NCAP照明安全规程研究追随车灯智能化产业快速推进的步伐，在高精度ADB测评方法研究，车灯投影技术测评方法研究上进行布局和研究，用以规范智慧灯光行业的健康发展。同时在前照灯眩光测评方法、前照灯照明均匀性等方面开展研究，完善或优化现有规程，主要包括以下几个方面：

1)高精度ADB测评方法研究

2027版规程更新升级ADB功能验证测试场景，以“周边环境感知”，“精准遮蔽率”为主要测试目标。此外适当提高了ADB系统响应时间要求，同时要求评估多目标交互、静止车辆识别等复杂工况下的遮蔽策略和遮蔽效果。

2)驾驶员辅助投射与信号灯投影测评研究

2027版规程对满足驾驶及道路条件自适应下的光毯功能以及配备了信号灯投影（如倒车、转向提示）的车辆予以加分鼓励，引导产业健康有序发展。

3)前照灯眩光与均匀性优化研究

2027版规程将制定面积分级的眩光阈值方法，对大面积位置灯车辆眩光限值予以适当放宽。照明均匀性则影响驾驶安全与舒适性，现有研究通过照度分布梯度及变化趋势分析量化路照均匀性，形成了一套客观评分方案，眩光评价方案的更新和均匀性要求的提出对智能车灯的性能设计提出了更高的要求。

第八章 挑战与展望



一、智能车灯产业面临的核心挑战

智能车灯产业在高速发展的过程中，仍将面临多方面的技术挑战。其中，**高精度光学控制、复杂环境适应性、系统可靠性**等问题尤为突出，见下表10。

表10 智能车灯产业面临的核心挑战

挑战类别	具体表现	核心症结
技术挑战	高精度光学控制难题	Micro-LED等高端光源制造工艺成熟度有待提升，像素精度要求高，大规模量产技术壁垒高
	复杂环境适应性不足	强逆光、雨雾等场景下目标识别与光束调节误判率高，现有算法极端条件鲁棒性欠缺，感知-决策协同机制待优化
	系统协同与传输瓶颈	需与自动驾驶系统等高效协同，现有CAN总线传输速率、带宽不足，难以满足多传感器数据融合及实时响应需求 ^[21]
产业协同	核心部件成本居高不下	DLP技术依赖德州仪器的DMD芯片（单套系统成本超万元），激光光源、高分辨率传感器等核心部件依赖进口
	产业结构失衡	新旧技术交替期，低端产能过剩、高端产能不足，部分企业陷入价格战，抑制技术创新投入
	研发与认证成本高昂	研发周期长、投入大，需满足全球不同地区法规标准，承担高额认证与适配成本
	中低端车型普及受阻	核心部件成本高导致智能车灯系统价格昂贵，难以快速覆盖中低端车型市场

二、智能车灯产业的发展潜力与未来展望

尽管智能车灯产业当前面临上述技术、成本及产业环境等多方面挑战，但行业整体仍呈现出明确的发展路径与巨大的增长潜力。以下从技术突破、市场布局、标准规范及产业协同四大核心维度，梳理智能车灯产业的发展潜力与关键方向，见下表11。

表11 智能车灯产业发展潜力及关键方向

发展维度	核心趋势	关键支撑因素	终极目标
技术突破	国产替代进程加速	国内企业持续投入光学、芯片、算法等核心领域研发	打破核心技术与部件进口依赖，降低产业成本
市场布局	分级发展适配不同需求	经济型车型实用化智能照明功能，中高端车型融合情感交互、路面投影等高级功能	覆盖全价位车型市场，推动智能车灯全面普及
标准规范	技术与测试要求日益明确	GB 4599-2024、C-NCAP 2027等标准实施	规范产业发展方向，降低企业认证与适配成本
产业协同	“光-传感-智驾”一体化推进	跨领域标准共建，产业链上下游协同创新	构建高效协同的产业生态，提升智能车灯与整车智能化的融合度

结 语

——**本次白皮书的发布**，旨在推动行业形成一项关键共识：智能车灯已超越传统照明功能，全面演进为集智慧照明、智能交互与智享娱乐于一体的“系统级智能照明终端”。它并非仅是提升车型科技感的装饰配置，而是切实提升行车安全、优化驾驶体验、实现车与环境智能对话的基础硬件，其价值核心在于实用化。

——**面向产业**，白皮书系统梳理了技术路径与创新趋势，明确了高性能传感器、先进算法与光学系统深度融合的发展方向。我们呼吁产学研各方协同推进标准化进程，共建良性产业生态，避免低水平同质竞争，引导资源投向高价值技术创新，共同推动行业从“无序扩张”走向“有序升级”。对于车企，本报告为其产品规划与采购决策提供了坚实依据。智能车灯已成为体现车型智能化和差异化的重要载体，车企应将其纳入电子电气架构与整车智能化战略早期规划，优化供应链选择，推进功能协同与体验创新，以在市场竞争中占据先机。

——**面向消费者**，我们希望通过媒体与行业的共同解读，增强公众对智能车灯安全及功能价值的认知。它不仅是投射图案的“情绪装置”，更是提升夜间行车安全、减少盲区事故、实现高效人车交互的实用科技。引导用户建立正确消费观念，将有助于推动智能车灯从中高端车型快速普及至大众市场，最终实现多方共赢的目标。

附录

附表1 智能车灯领域核心术语释义表

英文缩写	中文全称
LED	发光二极管
ADB	自适应远光系统
Micro-LED	微型发光二极管
DLP	数字光处理
DMD	数字微镜器件
LCoS	硅基液晶
ADAS	高级驾驶辅助系统
ASSL	高级固态照明
MCU	微控制器单元（单片机）
SOA	面向服务的架构
V2X	车用无线通信技术（车联万物）
ADS	自动驾驶系统
ALH	自适应LED前大灯
HBC	自适应远光灯控制系统
DOT	美国交通运输部
GTB	国际汽车照明和光信号专家委员会
GRE	联合国道路车辆照明和光信号工作组
SLR	非正式工作组
AHB	自动远近光切换
OTA	空中下载技术
GTR	全球技术法规

附表2 全球智能车灯相关法规与测评体系概览

法规/标准/规程	名称	发行时间 (现行版本)
GB 4785	《汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定》	2019年
GB 4599	《汽车道路照明装置及系统》	2024年
GB 5920	《汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定》	2024年
UN R148	Uniform provisions concerning the approval of light-signalling devices (lamps) for power-driven vehicles and their trailers	2025年
UN R149	Uniform provisions concerning the approval of road illumination devices (lamps) and systems for power-driven vehicles	2025年
UN R48	Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the installation of lighting and light-signalling devices	2024年
FMVSS 108	Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 108: Lamps, Reflective Devices, and Associated Equipment	2022年
SAE J3069	Adaptive Driving Beam System	2021年
SAE J3134	Automated Driving System (ADS) Marker Lamp	2025年
SAE J3283	Exterior Lighting Use during the Park Condition of a Vehicle	制定中
IIHS	美国公路安全保险协会	2023年
E-NCAP	欧洲新车评价规程	2023年
ASEAN NCAP	东南亚国家联盟新车评价规程	2024年
J-NCAP	日本新车评价规程	2024年
C-NCAP	中国新车评价规程	2024年

附表3 参考文献

序号	文献名称	文献来源
1	星宇车灯：智能车灯发展趋势与解决方案 (2024-09-19)	盖世汽车资讯
2	Intelligent Light - From High Beam to the Spot Light System of the Future	SAE Technical Paper
3	《2026-2030 中国智能大灯行业需求动态与盈利前景预测报告》	豆丁网
4	《2025年中国汽车消费市场调研与消费行为调查数据》	艾媒咨询
5	中汽协：2025年国内新能源汽车渗透率有望升至50% (2025-09-11)	中国汽车工业协会
6	车灯行业跟专题报告：车灯行业技术趋势、市场空间及竞争格局	国信证券
7	全球汽车前照灯销售市场研究报告	WISE GUY REPORTS
8	2025年全球及中国车灯行业全景分析报告 (GEP Research2025)	全球环保研究网
9	2025-2030年智能前照灯产业规模数据调研	YH Research
10	DLP大灯市场见解	Verified Market Reports
11	2025-2030中国DLP大灯行业市场现状分析及竞争格局与投资发展研究报告	豆丁网
12	全球及中国车用Micro-LED市场深度调研报告 (2025年)	产业世界
13	2025全球DLP汽车大灯市场：销量、收入、价格及最新动态	QYResearch
14	全球微型 LED 汽车灯市场研究报告	WISE GUY REPORTS
15	一文读懂汽车照明功能分类+技术标准	中国之光网
16	法雷奥与光峰科技宣布达成战略合作，共同开发下一代前照灯系统 (2025-04-24)	Valeo_Group
17	星宇股份研发的问界M9智慧灯光系统闪亮登场. (2023-12-27)	中国照明网
18	极海X富玉隆：联合打造汽车车灯核心方案，以MCU+LED驱动控制器加速智能照明普及 (2023-05-20)	MCU加油站
19	华为首批智能车载光认证合作伙伴签约仪式圆满完成. (2024-12-18)	凤凰网汽车讯
20	ISELED Alliance新增三家成员：杰发科技、智芯半导体和Hebatronic	ISELED Alliance
21	全球车灯风向标 2025ALE盛大启幕，点亮车灯未来之光	峰会报道