

行业洞察

从工业场景到多领域渗透，轨道 交通机器人加速智能化落地

企业标签：申昊科技、唐源电气、亿嘉和

机器人变革工业场景创新发展

China Rail Transit Report Industry

中国轨道交通ロボット産業

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

名词解释

- ◆ **激光雷达**：通过发射激光束扫描环境，生成三维点云地图，可精准识别轨道异物（如碎石、金属件）、隧道结构变形等，精度可达厘米级，抗强光、暴雨等恶劣天气能力强。
- ◆ **机器视觉**：基于高清摄像头（可见光 / 红外）采集图像，结合深度学习算法（如目标检测、图像分割），实现轨道裂纹识别、接触网磨损检测、乘客异常行为（如翻越护栏）判断。
- ◆ **惯性测量单元（IMU）**：由陀螺仪、加速度计组成，可实时感知机器人的姿态（倾斜角度）、速度与位置变化，弥补 GPS 在隧道、地下车站等信号盲区的定位缺陷，保障运动稳定性。
- ◆ **轨道里程计定位**：针对轨道巡检机器人，通过车轮上的里程编码器记录行驶距离，结合轨道线路参数（如曲线半径、坡度）校正位置，适合固定轨道场景的连续定位。
- ◆ **SLAM 同步定位与地图构建**：机器人在未知环境（如新建隧道、改造车站）中，一边通过传感器采集环境数据，一边实时构建环境地图并同步确定自身位置，常见于车站巡检、应急救援机器人。
- ◆ **北斗 / GPS 双模定位**：在地面车站、高架轨道等开阔区域，通过卫星定位获取高精度位置（精度 1-5 米），通常与 IMU、里程计融合，形成“卫星 + 惯性 + 里程”的多元定位方案，提升可靠性。
- ◆ **轮式运动控制**：针对轨道巡检机器人（轮对与轨道匹配）、车站巡逻机器人（全向轮 / 麦克纳姆轮），通过电机驱动算法（如 PID 控制）实现速度调节、转向控制，确保沿轨道行驶时不脱轨，或在车站内灵活避障。
- ◆ **轨道自适应调节**：部分轨道机器人配备可调节轮组，能根据轨道间距（如标准轨 1435mm、窄轨 1067mm）自动适配，无需更换硬件即可在不同线路作业。
- ◆ **步态控制**：用于隧道应急救援机器人（如多足机器人），通过控制各“足”的运动顺序与角度，适应隧道内碎石、积水等非结构化路面，避免打滑或卡顿。
- ◆ **边缘计算终端**：部署在机器人本地的计算单元，可快速处理传感器采集的海量数据（如实时识别轨道裂纹），避免数据传输至云端的延迟，适合对响应速度要求高的场景（如实时异物报警）。
- ◆ **远程操控平台**：控制中心工作人员可通过该平台（含可视化界面、操作手柄），对机器人进行远程控制（如手动调整巡检路线）、状态监控（查看电池电量、传感器工作状态）、数据回溯（调取历史巡检报告），当机器人自主功能故障时，可切换为远程操控模式。
- ◆ **轨道交通控制中心（OCC）**：轨道交通系统的“大脑”，也是轨道交通机器人的核心调度与管理中心。OCC 通过专用通信网络连接所有机器人，实时接收机器人上传的巡检数据、状态信息，工作人员可通过 OCC 的机器人管理平台，对机器人进行统一调度（如分配巡检任务、协调多台机器人作业顺序）、故障告警处理（如机器人电量低、传感器故障时及时派单维修），同时将机器人检测到的异常数据（如轨道裂纹、接触网磨损超标）同步至轨道交通各专业部门（如工务段、供电段），推动问题闭环处理。

Chapter 1

轨道交通机器人加速智能化落地

- 工业自动化、高危场景替代等需求叠加，轨道机器人市场爆发。电力巡检、物流仓储等场景率先验证价值，2024 年中国市场规模达 89 亿元，2025 年预计破 120 亿元，多领域需求驱动增长势能强劲。
- 轨道机器人受技术、成本约束。高精度算法、多传感器协同依赖先进算力，AI 融合又提升算力需求；高端产品单价高，中小企业采购难。竞争聚焦“算力 + 服务”生态，整合算力、实现多机协同成破局关键。
- 政策推动行业规范化，补贴、标准（预计 2027 年出台）加速发展；生态边界拓展，向医疗、农业等领域渗透，与低空经济融合催生新需求。预计 2027 年核心部件国产化率超 60%，轨道机器人将升级为跨领域智能基建，开启增长新周期。

轨道交通机器人行业探析——定义与分类

- 轨道交通机器人是指应用于轨道交通领域，通过搭载传感器、执行机构和控制系统，实现轨道交通相关任务自动执行的自动化设备

轨道交通机器人分类

分类标准	具体类别	作用
应用场景	轨行区作业机器人	在轨道交通线路轨行区运行，执行巡检、简单维护等任务，需适应隧道、正线等环境
	车站服务机器人	部署在站厅、站台，承担乘客引导、咨询、客流疏导，需适配人员密集场景
	车辆段运维机器人	聚焦列车库内检修、轨道设施深度维护，支持复杂作业（如部件拆装、精准检测）
功能类型	状态监测机器人	通过多传感器（不限于单一检测技术），采集设施设备运行数据（振动、位移、温度等），侧重长期状态跟踪
	故障修复机器人	具备执行机构（如拧紧轴、焊接头），针对明确故障开展修复作业，需精准控制
	环境适配机器人	针对特殊环境（如高温隧道、涉水区段）定制，具备防护、自适应能力，执行巡检 / 简单作业
移动模式	轨道约束型	沿轨道 / 接触网导轨移动，路径固定但可长距离续航，适配线路巡检
	自由移动型	依靠 SLAM 导航等技术，在开放空间自主规划路径，灵活度高
	复合移动型	融合多种移动方式（如轨道 + 地面切换），应对跨场景作业（如轨行区 - 车站衔接段）

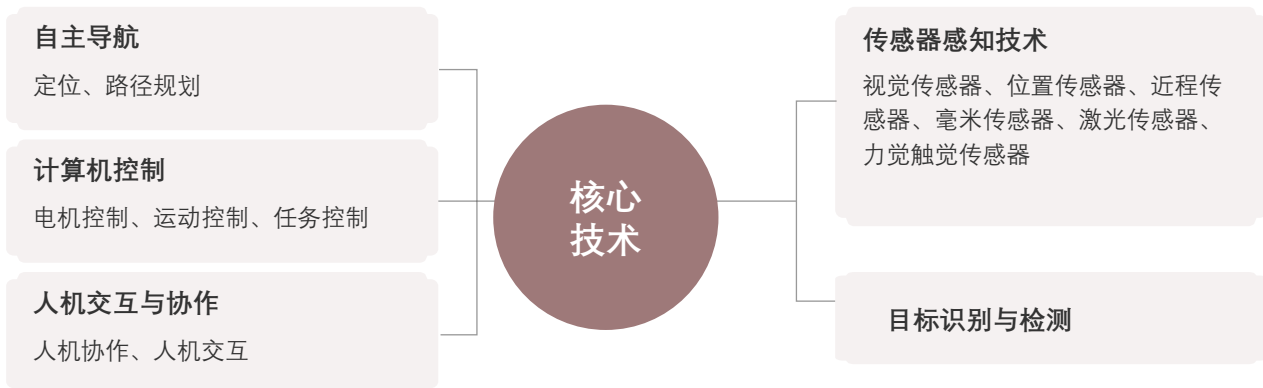
- 在轨道交通领域，智能巡检机器人正逐步成为保障运营安全与效率的关键力量。以京港地铁为例，其率先在 17 号线试点应用的列车智能巡检机器人集成行走机器人、多自由度机械臂、AI 图像识别等先进技术。该机器人通过高精度导航系统自主进入作业轨道，运用 4K 彩色激光线阵相机及机械臂上的 2D 和 3D 高精度相机，对车底关键部件进行图像采集，借助后台图像增强引擎和智能分析系统实现故障检测，与传统人工巡检相比，工作效率预计提升 30% 以上，且能协助人工完成超 65% 的车下巡检任务。济南轨道交通集团也积极布局，其研发的列车智能巡检机器人可对列车转向架、车钩等关键部件进行故障判断及磨损预警，异物检测准确率高达 95% 以上，有效解决人工巡检工作量大、环境复杂的难题。这些智能巡检机器人的应用，不仅提升了轨道交通的运维水平，降低了人工成本，更极大地增强了运营的安全性与可靠性，成为行业智能化发展的重要标志。

来源：头豹研究院

中国轨道交通机器人行业探析——核心技术分析

- 轨道交通机器人核心技术涵盖自主导航、计算机控制、人机交互、传感器感知及目标识别检测，共同支撑其智能化、安全化与高可靠性运行，推动智能交通系统发展

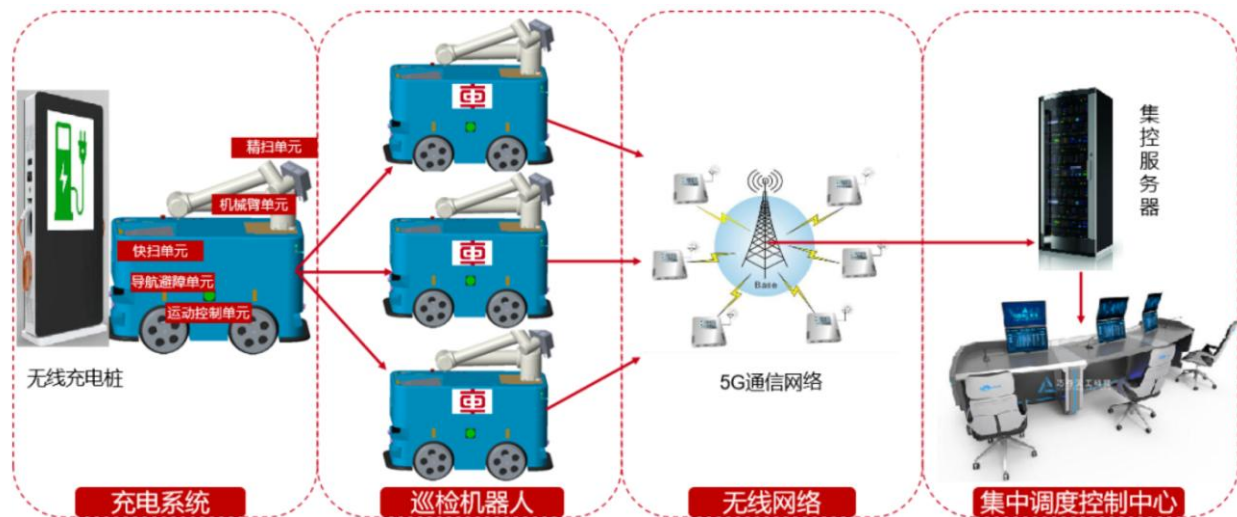
轨道交通机器人核心技术分析



- 轨道交通机器人作为智能交通系统的重要组成部分，其核心技术体系主要由自主导航、计算机控制、人机交互与协作、传感器感知技术以及目标识别与检测五大模块构成

首先，自主导航技术通过高精度定位与路径规划实现机器人在轨道交通环境下的自主行驶，确保运行的安全性与效率。其次，计算机控制涵盖电机控制、运动控制及任务控制，赋予机器人精准的执行力和复杂任务的调度能力。人机交互与协作则提升了操作的友好性和灵活性，使机器人不仅能与人进行信息交换，还能实现多机协同作业。与此同时，传感器感知技术是机器人“感知世界”的核心，包括视觉、位置、近程、毫米波、激光及力触觉等多类型传感器，为环境建模与实时感知提供数据支撑。

最后，目标识别与检测技术使机器人能够准确识别轨道环境中的设施、障碍与目标对象，保障其运行安全与作业精准度。整体而言，这些核心技术相互配合，共同支撑轨道交通机器人的智能化、自动化与高可靠性运行，推动智能交通系统的发展。



机器人系统构成

来源：光子盒研究院，头豹研究院

中国轨道交通机器人行业探析——应用领域分析

- 轨道交通机器人在典型应用场景及检测平台，涵盖手推车、特种轨道车等多类载体，依托视觉、激光雷达等传感器实现轨道几何测量、裂缝检测、损伤识别与桥梁建模，整体呈现多平台、多传感的应用格局

轨道交通机器人的应用分析

巡检场景	检测平台	实例	搭载传感器	功能	技术成熟度	常用传感器
轨道	手动推车	Topcon GG-05	②	轨道几何形状 轨道几何形状测量	原理样机	①视觉传感器 ②激光传感器 ③激光雷达④超声波传感器 ⑤涡流检测设备⑥电磁脉冲装置⑦热传感器 ⑧GPS⑨惯导和编码器 ⑩UWB等
	特种轨道车	申昊科技 SHR-RIIS1005	①②③	轨道磨损、紧固件缺陷、 轨道轮廓、铁路间隙检测	产品	
	定制列车	轨迹记录车辆TRV	①②④⑤	轨道缺陷、轨道几何形状 测量	产品	
	列车车载系统	FUGRA公司 RILA系统	①②⑧⑨	记录轨道几何形状	产品	
	无人机	UAV-LIDAR系统	①	铁路环境图测绘	试验样机	
隧道	手推车	MTI-200a	①	隧道裂缝和泄漏检测	原理样机	
	轮式移动平台	MLS system	②	隧道界面变形分析	原理样机	
	列车车载系统	地铁隧道机器人系统	①	裂缝检测和分类	原理样机	
桥梁	轮式移动平台	Jackal UGV	③⑧⑨	定位并沿点规划路径；构 建完整精确桥梁点云地图	试验样机	
	移动平台+机械臂	Remote control robot system	①	在线遥控拍摄桥梁照片	原理样机	
	无人机	Collision-tolerant UAS	①⑩	1、以YOLOX算法检测缺陷 2、以接触式无损检测的经典方法测量涂层厚度	原理样机	
	特种机器人	桥梁拉索检测机器人 CCRobot	①	1、观察表面病害 2、以电磁探伤无损检测方式检测内部缺陷	试验样机	

来源：头豹研究院

中国轨道交通机器人行业探析——不同领域的机器人应用

- 开发与测试发展生命周期包括初期的理论研究、实验验证阶段、技术突破期以及应用推广阶段，目前处于技术突破和实验验证并行发展的关键期，未来将进入广泛应用阶段

中国的轨道交通行业中不同领域的机器人应用分析

应用领域	类别	典型产品
建造施工	施工机器人	SUZW-500智能铺轨机器人， 振华重工智能铺路机器人， 装配式施工机器人
	构件制造机器人	桥梁大梁焊接预制机器人， 高铁构件预制机器人
生产制造	装配机器人	动车挡风玻璃装配机器人
	制造者机器人	高铁白车身端墙打磨机器人， 铁路货车喷涂机器人， 地铁车身焊接机器人
	搬运机器人	重载装配机器人，六轴搬运机器人， 上下料桁架机器人
运维检修	基础设施巡检	轨道巡检机器人 隧道巡检机器人 桥梁巡检机器人
		城轨巡检机器人
	车辆巡检	机车巡检机器人
自动驾驶	自动驾驶系统	机车自动驾驶系统
		TACS系统
		自主轨道快速交通系统
乘客服务	智能服务机器人	车站智能服务机器人

■ 在中国轨道交通行业中，机器人已在多个应用领域展现出重要价值

在建设施工环节，施工机器人、构件制造机器人和装配机器人广泛应用于隧道铺轨、大梁焊接、构件预制及装配施工等场景，提升施工精度与效率，减少人工依赖。在生产制造环节，制造者机器人和搬运机器人被用于高铁车身打磨、喷涂及焊接等复杂工序，以及重载装配、上下料等环节，实现制造智能化和物流自动化。在运维检修环节，轨道、隧道、桥梁巡检机器人以及车辆巡检机器人成为保障基础设施安全的关键工具，通过智能巡检和缺陷检测提升运维效率与可靠性。

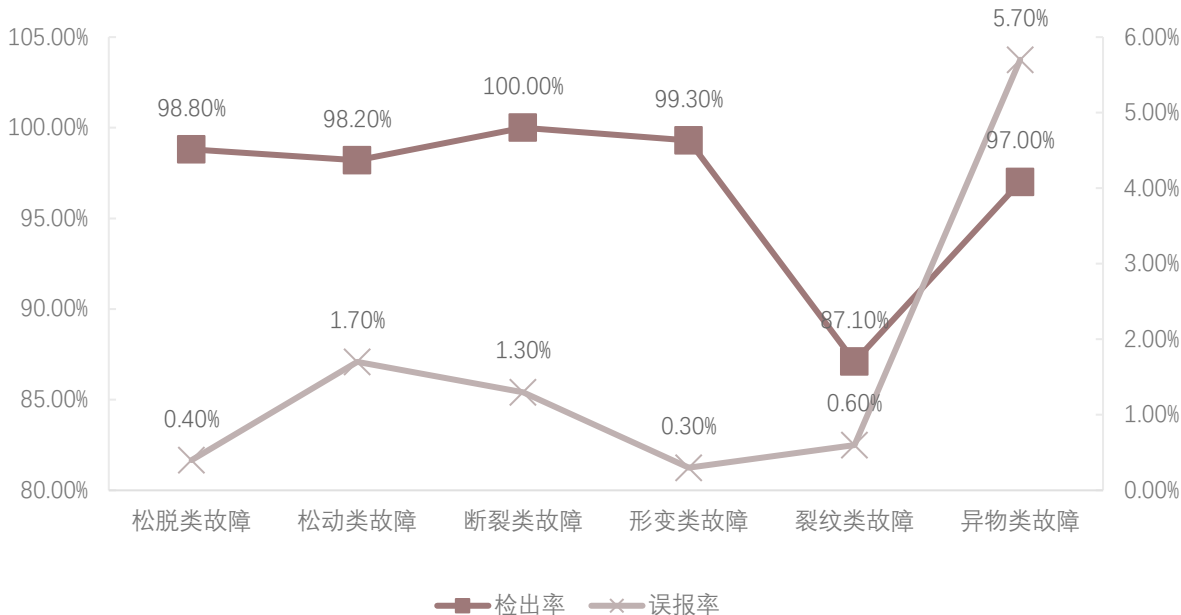
在自动驾驶领域，轨道交通自动驾驶系统（如TACS系统）支撑机车自动化运行，自主轨道快运系统则推动智能化运营模式落地。在乘客服务领域，车站智能服务机器人面向乘客提供引导、问询与辅助服务，改善出行体验。整体来看，轨道交通机器人在建设、制造、运维、运营及服务全生命周期中形成了多元化应用格局，助力行业实现安全、高效与智能化发展。

来源：机车电传动，头豹研究院

中国轨道交通机器人行业探析——应用情况

- 轨道交通机器人在巡检中实现高检出率和低误报率，形成任务下达、检测执行、故障确认到结果提交的闭环流程，有效提升运维效率与安全性，成为轨道交通智能化发展的关键支撑力量

轨道交通机器人的应用情况



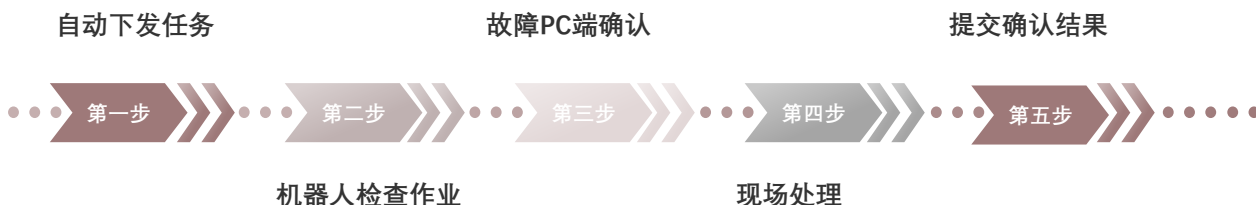
轨道交通机器人在应用中展现出较高的检测精度与自动化水平

数据显示，机器人在松脱类、松动类、断裂类、形变类、裂纹类等多种故障检测中均保持98%以上的高检出率，其中断裂类与形变类故障的检出率达到100%与99.3%，而轨道交通机器人的误报率最低仅为0.3%，体现了智能检测的可靠性。然而在异物类故障中，尽管检出率仍达97%，误报率却升至5.7%，说明在复杂场景下仍存在技术优化空间。

从作业流程看，轨道交通机器人通过自动下发任务、执行检测作业、PC端确认故障、现场处理与结果提交五个环节完成闭环管理，实现了巡检工作的标准化与自动化。其优势在于不仅显著提升了运维效率，减少人工巡检的高风险与不确定性，还能通过数据化方式持续积累经验，推动智能运维体系的完善。

总体而言，轨道交通机器人已在保障铁路运行安全、降低人工成本和提升检修精准度方面发挥了重要作用，是轨道交通智能化发展的核心支撑力量。

机器人工作流程



来源：头豹研究院

中国轨道交通机器人行业探析——发展趋势

- 未来轨道交通机器人将沿“单机智能—群体智能—数据闭环”演进，实现全链条应用拓展、实时统一调度与高效智能运维，推动行业标准化、可复制化和价值链全面渗透

轨道交通机器人未来发展趋势分析

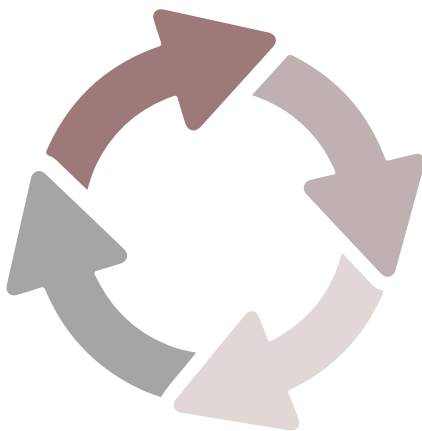
技术路线：从“单机智能”走向“群体智能 + 数据闭环”

预测性维护与大模型诊断

以图像/视频/红外热像等多模态数据训练故障识别模型，结合知识图谱与规则库，支持“发现—定位—原因—对策”端到端闭环；中国动车组车底机器人已宣称采用“多模态 + 大模型故障融合诊断”，可覆盖 8 大类缺陷并自动生成报告。

高精度定位与自主导航

库区/站场/隧道内的多源融合定位与建图（激光+视觉+惯导），实现厘米级定位、复杂环境避障与最优路径规划



多模态感知与边缘计算

激光雷达/视觉/红外/声学融合，适配隧道低光、强干扰电磁环境；在端侧完成关键推理，降低回传压力、提升实时性

从单机到“机器人群”与数字孪生联动

在 OCC/段修中台统一编队调度、任务分配与健康管理，联动资产数字孪生实现工况复盘与工艺优化

Click to add text

面向“检—修一体化”，通过多机械臂协同完成螺栓紧固、导高校准等作业，迈向“可操作”的检修机器人平台（而非仅检测）

未来中国轨道交通机器人将沿着“单机智能—群体智能—数据闭环”的路径演进

在技术演进上，将实现从局部向全局自主升级，推动检修一体化和多机群协同，形成数字孪生联动。应用拓展方面，机器人将覆盖从车辆巡检到部件维修全链条，构建检测—诊断—维修—归档的闭环，并依托多模态感知和大数据诊断实现预测性维护。管理模式上，依托7×24小时平台实现统一调度，形成“巡检+诊断+反馈”的实时数据流，支撑智能决策。商业价值上，应用将显著提升隐患检出率至98%以上，维修效率提高30%，并通过大规模应用推动标准化与可复制化。

未来中国轨道机器人发展展望



来源：光子盒研究院，头豹研究院

业务合作

会员账号

可阅读全部原创报告和百万数据，提供PC及移动端，方便触达平台内容

定制报告/词条

行企研究多模态搜索引擎及数据库，募投可研、尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行现状梳理和趋势洞察，输出全局观深度研究报告

招股书引用

研究覆盖国民经济19+核心产业，内容可授权引用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评估和证明，助力企业价值提升及品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，帮助学生掌握行业研究能力，丰富简历履历

报告作者



袁栩聪
首席分析师



莫舒棋
行业分析师

• Kay.mo@leadleo.com

业务咨询

- 客服电话：400-072-5588
- 官方网站：www.leadleo.com



商务咨询与深度合作

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街道华润置地大厦E座4105室

邮编：518057

上海办公室

上海市静安区南京西1717号会德丰国际广场 2701室

邮编：200040

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开发区兴智科技园B栋401

邮编：210046

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

2026 福布斯中国行业发展领创者评选

2026 FORBES CHINA PIONEER INNOVATORS IN
INDUSTRY DEVELOPMENT SELECTION

百年福布斯 权威标杆

行业最具影响力的荣誉殿堂

<覆盖核心赛道>

AI科技 | 新能源 | 医疗健康 | 大消费 | 制造业 | 服务业

<全球媒体矩阵传播>

赋能个人与品牌，提升市场影响力

<设立多重荣誉>

- ①主评选：行业发展领创者
- ②子评选：领军企业 / 创新品牌 / ESG标杆
/ AI企服标杆 / 新锐分析师