

张天雷：以“主线”思维领跑无人驾驶卡车赛道

▶ 学生记者 胡之萱

在人工智能与新能源浪潮席卷全球的今天，无人驾驶卡车正在推动物流行业的转型。北京主线科技有限公司深耕该赛道并跻身头部阵营，其创始人张天雷，既是清华实验室里走出的技术专家，也是兼具工程师理性与人文情怀的创业者。从2017年创立公司至今，他带领团队以“主线”为锚，在无人驾驶赛道上稳步前行，不仅实现了技术与商业的闭环，更在推动行业标准、关注卡车司机群体等方面展现出独特的企业担当。

清华基因：从实验室到创业路的技术积淀

张天雷与无人驾驶的缘分，始于清华大学的国家重点实验室。当时，以李德毅院士为核心的课题组正专注于人工智能决策与认知领域的研究，而张天雷作为2004级计算机系本科生，正是在这样的学术氛围中开启了对人工智能的探索。

彼时，人工智能尚未迎来爆发期，课题组的研究更多聚焦于

理论模型的打磨。他们长期钻研人工智能的三大核心能力：模型能力、数据能力与工程化能力，这份对技术的较真，后来成了主线科技技术突破的底气。

清华浓厚的创业氛围，也为张天雷的创业埋下种子。从挑战杯到各类技术实践，“把技术做成产品”的理想早已在他心中扎根。清华企业家协会“传帮带”的传统更让他在后来的创业路上从未感到孤军奋战。

张天雷敏锐判断：“未来十年将是人工智能应用的黄金十年，深度学习在人脸识别等领域的表现已远超传统算法，大数据与云

张天雷

主线科技CEO，清华大学计算机科学与技术系博士，师从李德毅院士，自动驾驶决策规划控制与仿真专家，正高级工程师。作为项目负责人，主持重点研发计划“综合交通运输与智能交通”自动驾驶相关课题，负责交通运输部第一批智能交通先导应用试点项目，主导多个智慧港口商业项目。



计算的发展速度也超出预期，‘智能涌现’的节点可能比想象中来得更快。”基于这一判断，张天雷团队决定从实验室走向市场。而在2015年前后，中国的新能源

产业也同步进入快速发展阶段，在张天雷看来，科技发展的终极方向之一，是解决人类面临的能源挑战。“我们必须依托新能源做点事”，在团队发展初期，他们便锁定“绿色”与“智能”两大核心概念。方向既明，下一步便是落地。面对物流行业日益凸显的人力短缺、效率瓶颈等痛点，他们开始思考：如何让人工智能技术真正创造价值？经过多轮严

谨评估，团队最终将目光投向了一个极具潜力的载体——无人驾驶卡车。它不仅契合“绿色+智能”的核心方向，更有望为整个物流体系带来实质性变革。

2017年，主线科技正式成立，这支兼具技术实力与创业热情的队伍开始了他们的“无人驾驶卡车突围战”。张天雷跟团队定了个小规矩：凡事要盯紧“主线”。他知道工程师容易陷在细节里，有时纠结半天反而耽误进度，所以总提醒大家“跳出来想想核心目标，别让细节挡住了方向”。这份清醒，成了团队在赛道上稳步前行的第一步。

技术攻坚：锚定L4级目标，破解机器“认知难题”

在技术路线的选择上，张天雷和团队从一开始就抱着“不妥协”的态度——始终把L4级完全无人驾驶当作目标。“求其上者得其中，求其中者得其下”，张天雷表示若一开始就将目标定为辅助驾驶，可能连主动安全都难以做好，在技术和产品上绝不能妥协。但坚持L4级目标不代表忽视技术的短期实用价值，主线科技积极将L4级技术能力转化为阶段性产品，与主流商用车企推出了量产的L2级辅助驾驶系统，正是在L4研发过程中沉淀的感知、决策与系统工程能力的自



主线科技自动驾驶卡车

然延伸与高效复用。

更长远来看，主线科技坚持L4级自动驾驶，还源于对极端场景应用的考量。在许多不适合人类生存的恶劣环境中，必须依靠全无人驾驶技术，新能源动力驱动无需依赖氧气，在极端环境下仍能稳定工作。这份“为无人之地送去智能”的想法，成了团队攻克技术难关的动力。

要实现L4级无人驾驶的核心目标，关键在于解决机器的“认知问题”。张天雷团队从创立之初，就将核心目标锁定在解决机器认知问题上。为了实现这一目标，主线科技在模型、数据结构与推理学习体系三大维度持续创新，打造真正面向卡车智能运输的“人工智能虚拟司机”。

在模型层面，团队继承并发展了李德毅院士提出的“云模型”——这一概率控制模型解决

了确定性公式与模糊概率之间的衔接问题，通过高斯泛化泛函，让机器能更好地处理现实场景中的不确定性。

在数据表达上，主线科技研发了三维数据结构，既能将空间信息有效输入神经网络，又通过优化算法避免了算力过载，让机器在复杂场景中能更精准地感知环境。

更关键的创新在于认知模型的设计。张天雷团队借鉴人类记忆的分层逻辑，将机器的“记忆”分为长期记忆、短期记忆、工作记忆与瞬时记忆，分别对应不同的认知场景。分层设计让机器的“思考”更接近人类，实现迭代提升效果。

此外，主线科技还在模型中植入了“世界模型”——基于物理规律与常识的先验知识。这些技术创新带来了实际的工程效果：



2015年张天雷（后排左1）在清华实验室时期参与世界上第一辆无人驾驶公交车郑州至开封的开放道路无人驾驶测试项目（前排左4是李德毅院士）

主线科技的无人驾驶卡车能实现更长时间的“无人接管”，在复杂场景中的决策准确性远超行业平均水平。主线科技技术的领先性也得到了各项国家课题等第三方专业评测的认可，在多个客观评估中，主线科技的技术指标均名列前茅。

商业落地：以工程化筑基，实现从港口到更复杂场景的拓展

“科学家解决‘能不能做’的问题，工程师要解决‘怎么落地’的问题。”张天雷深知，技术优势若不能转化为产品，再先进的创新也只是空中楼阁。主线科技从创立之初，就注重工程化能力的建设。

主线科技的“工程师文化”，是张天雷从清华带出来的“老传统”。在清华实验室，新人进组要从拧螺丝、装设备做起。张天雷自己也笑称“曾拧过几万个螺

丝，只有亲身体验工程实践的‘肉体痛苦’，才会真正理解：工程化做得好，效果能事半功倍。”

主线科技配备了一支专业且规模化的工程师团队，负责人工智能模型优化、工业流程设计，并最终将复杂的技术体系集成到小型化的控制器中。如今，主线科技的无人驾驶系统已能集成于一个低功耗、高可靠的嵌入式控制器，兼容主流芯片，符合汽车工业的严苛标准。张天雷表示，这种工程化能力保障了产品的可用性与可靠性，也为后续量产与批量交付奠定基础。

技术落地的另一大挑战是成本控制，主线科技通过与供应链伙伴深度绑定来降低成本。一方面，公司与商用车企、传感器厂商、控制器生产等建立长期稳定的合作关系，确保在核心硬件供应、产线排期等环节获得优先支持；另一方面，团队通过引入蔚来资本、全球汽车零部件龙头德国博

世BOSCH等产业链巨头作为投资人，让供应链支持从商业合作升级为生态共建。依托这种优势，主线科技在行业价格内卷的大环境下仍能保持成本优势。

“早期团队需要一个胜利——一个能快速落地、证明自身能力的MVP。”张天雷表示，公司刚成立时的目标是“三个月内做出产品，签下订单。”因此，在无人驾驶场景选择上，他没有贪大求全，而是带着团队从封闭、低速的场景切入，积累经验后逐步向开放、高速场景拓展。他们梳理了矿山、机场、港口、园区等封闭场景，最终选择港口。原因有三：一是港口场景规范，所有交通道路环境元素符合国标，直接受到交通运输部管理，而且全国乃至全球港口的运营模式相似，产品泛化能力强；二是港口企业的资金预算充足且体量大，具备商业化买单能力；三是天津港离北京近，依托京津人工智能产业联动，获得政策与资源支持。

公司成立第一年，主线科技就拿下天津港项目的意向订单，为其提供无人驾驶解决方案。如今，主线科技的港口无人驾驶解决方案已成为“标杆产品”，公司与天津港、宁波舟山港、广州港、烟台港、合肥港等数十个世界规模领先的海港、河港、陆地口岸等物流枢纽达成商业化合作，



天津港 C 段 ART 常态化无人运营作业

在广州港南沙三期项目中，主线科技团队将传统燃油集卡车辆升级为新能源无人卡车，实现码头全流程数智化，同时支持该项目成功申请成为示范区，推动了地方无人驾驶法规的完善。“一期4台车已在混行的港口作业环境中实现全无人、全流程稳定运行，二期将扩大规模，整个南沙三期未来可能部署200台无人卡车。”张天雷进一步介绍。

主线科技还在新疆喀什布局。

今年四月，主线科技新疆首张无人驾驶卡车路测牌照获批。喀什是中国对中亚贸易的核心节点，主线科技在此搭建了无人驾驶示范区，打通了跨境智能运输通道，未来将持续扩大无人卡车规模，实现与中亚国家的常态化贸易往来无人化运输。张天雷表示，场景的持续拓展不仅丰富了公司的产品矩阵，也让“以无人驾驶缔造世界领先的智能运输系统”的愿景逐步落地。截至目前，主线



主线科技智能卡车在新疆喀什独家开展示范应用

科技已在东南亚、中东、南美洲等多个国家对接和落地无人驾驶卡车项目。

港口场景的成功，为主线科技积累了宝贵的运营数据与客户信任。在此基础上，团队逐步向更复杂的场景拓展：一是高速场景，如高速干线自动驾驶货运解决方案；二是城区场景，比如探索城市配送模式、在居民区周边部署无人车以满足短途运输需求等。

其中，高速智能重卡编队运输是主线科技的重点方向之一。这一方案通过让卡车之间保持低间距行驶来抵消风阻，以大幅降低能耗。在编队行驶中，头车配备 L4 级的传感器与算法模块，负责远距离感知与决策，同时将道路环境等信息以毫秒级的速度同步传递给后车，此外，后车会采用性价比更高的传感器方案，在确保后车具备智能驾驶功能的前



主线科技现场测试工程师对车辆进行检查



主线科技交付工程师在港口项目

提下，降低整体成本。张天雷补充表示“技术上能支持多台车编队，但现实中3-5台车编队更可行，我们在国家级课题项目中已论证过10台车编队的可行性。”

当前，人工智能产品在实际交付场景面临的核心挑战，是如何在复杂多变的应用场景中精准定义产品边界，并与客户预期达成共识。张天雷团队的破局之道在于坚持“专业透明、价值优先”的真诚沟通原则：通过长期深入

地理解客户需求，明确区分“当前高价值、可稳定交付的核心功能”与“尚处探索阶段、投入产出比低的边缘需求”，主动引导客户聚焦于能带来实际业务收益的95%通用场景。对于剩余5%的长尾问题，则可以采用人机协同的方式灵活应对——既保障产品整体可靠性，又不失灵活性。这种务实而专业的交付理念，虽然在初期可能让部分客户产生“为什么别人能做而你不做”的疑问，

但随着行业实践的深入，越来越多客户在经历其他方案落地受阻后，反而更加认可主线科技对技术边界清晰、负责任的定义方式，并主动回归合作。

凭借扎实的工程化能力与精准的场景拓展策略，截至目前，主线科技累计交付并运营近千台（套）智能卡车及智能运输解决方案，智能运输里程累计近亿公里，用规模化运营验证了技术的可靠性与商业的可行性。这种“健康的商业化”模式，让公司在行业资本趋于理性的背景下，仍能稳步发展。

责任与关怀：守护卡车司机，共建行业标准新秩序

“我们做无人驾驶，不是为了把人剔除出去，而是要构建人机协同系统，让机器干危险、重复、枯燥的活，让人去做更有价值、更有创造性的事。”张天雷表达了主线科技技术研发背后的



主线科技高速自动驾驶卡车在京津塘高速开展编队示范运营

人文考量。这种以人为本的理念，贯穿于公司产品设计与落地实践的始终。

“现在全国卡车司机只有1000多万人，比我们创业时少了近2000万人，年轻人越来越不愿意入行——长期不能回家、工作强度大、风险高，‘车轮一响黄金万两’的时代早就过去了。”张天雷曾了解到卡车司机在狭小的驾驶室里睡觉、吃饭，他表示，“那种‘疲于奔命’的状态，让我们更坚定了做人机协同的决心。”

主线科技正在改变卡车司机的工作模式。在高速干线运输中，借助自动驾驶系统的辅助，司机的单次驾驶里程从500公里延长至700公里，中途可在驿站休息，无需全程全力操作；在港口等封闭场景中，司机则从高危、高粉尘的现场操作岗位，转变为远程监控中心的操作员，经过简单培训即可上岗，不再需要数年积累复杂驾驶技能——这不仅拓宽了用工群体，也让物流从业者拥有了更体面、更安全的职业选择。

随着在无人驾驶卡车领域的影响力不断提升，主线科技不再仅仅是产品提供商，更成为行业标准的共建者和引领者。张天雷认为，行业的健康发展离不开清晰且统一的技术、产品应用规范与标准，避免劣币驱逐良币。目前，主线科技已深度参与涵盖多



张天雷受邀在纪念中国人民抗日战争暨世界反法西斯战争胜利80周年大会现场观礼

个层面的法规与标准制定。在产品标准方面，参与了海陆空港园区等多个场景的无人驾驶产品、高速公路辅助驾驶、高速无人编队等方面标准的制定；在法律法规层面，主线科技联合中汽研究院、中汽中心等权威机构，系统梳理无人驾驶车辆上路所需的前置条件，包括技术测试、产品认证、电子电器安全等国家标准，为行业提供“合规上路”的参考框架。

“我们作为专家团队，要把一线实践中的经验与问题反馈到法规与标准里去。”张天雷表示，目前部分行业标准已发布，国家标准也将出台。这些标准的落地，不仅能规范行业秩序，也能为主线科技的产品推广创造更有利的环境。“我们做标准化产品，标准越清晰，客户越容易认可，我们的规模化优势也能更好发挥。”

2025年9月，在工信部公示的新一轮第二批国家专精特新重

点“小巨人”企业名单中，主线科技再度入选。这既是对公司持续在智能物流领域专业化深耕与创新能力的权威认证，更进一步彰显了公司综合实力跻身行业“国家队”核心序列。对于未来，主线科技制定了“三步走”战略：短期深耕港口等封闭场景，巩固优势；中期拓展高速公路与跨境运输场景，扩大市场份额；长期探索城区配送场景，打造“无人货运网络”。

从清华实验室的技术探索，到无人驾驶赛道，张天雷始终以“主线”为锚，既坚守技术创新的主线，也不忘解决行业痛点、注重人文关怀的主线。在他看来，无人驾驶不是冷冰冰的技术，而是能改变行业、温暖生活的工具。随着主线科技的持续前行，这位清华工程师的“无人驾驶梦”，正一步步从蓝图变为现实，为中国物流智能贡献一份力量。❸

【占元对本篇亦有贡献】