中国高等级自动驾驶港口应用

研究报告

亿欧智库 www.iyiou.com/intelligence

Copyright reserved to EO Intelligence, Oct. 2020

前言

- **研究背景**

自动驾驶是人工智能应用的热门领域之一。以2004年美国举办“DRAPA挑战赛”为起点，标志着全球自动驾驶研发序幕正式拉开。随后，全球自动驾驶呈现出高速发展的趋势，主流技术企业通过路测不断迭代更新产品，自动驾驶相关企业获得的投融资总额也逐年增长。但自2018下半年起，由于自动驾驶产品研发的高投入和高不确定性，资本层面开始重新“审视”这个极具发展潜力的赛道。

- **核心内容**

亿欧智库认为相较于乘用车场景，载货商用车场景将更早实现商业化。本报告通过对比六大载货商用车的场景，最终将研究范围聚焦于港口场景。相较于其它场景而言，港口具有交通标示简易、车辆干扰度低、路线复杂度低、基建完善度高的特点，是最易实现自动驾驶商业化应用的场景。

亿欧智库此次发布《中国高等级自动驾驶港口应用研究报告》，围绕背景、现状及发展等方面，对高等级自动驾驶在港口应用进行分析与研究。经分析发现，降本增效是当前港口的核心诉求，而应用自动驾驶集卡是降本增效最好的方法之一。同时，5G通信技术将更好的支持自动驾驶港口应用，“单车智能+V2X”将是最适合国内港口长期应用的技术路线。

亿欧智库预测，2022到2024年自动驾驶集卡将实现在港口的商业化应用。伴随港口智慧化水平提升，港口水平运输将取消内外集卡之分，打造从货轮至目的地仓储区的自动驾驶“一条龙”服务。同时，自动驾驶港口应用相关企业将趋于大联盟化。

概念界定

- 高等级自动驾驶（High-level Driving Automation）：根据工信部发布的《汽车驾驶自动化分级》标准，可以将自动驾驶分为0-5级六个等级，业内普遍认为4级及以上（即可以实现在部分或全部场景下无人员参与）的自动驾驶为高等级自动驾驶。**本报告聚焦于4级自动驾驶在港口应用的发展。**
- 商用车（Commercial Vehicle）：是指载货汽车和9座以上的客车，**本报告仅研究载货商用车。**
- 商业化（Commercialization)：本报告将商业化定义为**产品具有场景复制能力、产品方案实际可应用、终端应用需求实际存在。**

亿欧智库：商业化概念界定及解释



- 该产品可以为需求方带来效益提升，且成本是可覆盖的。
- 核心产品已达到标准化生产，在同场景下不同地点应用时只需要简单的调试，而不需要重新开发。
- 需求方有想要购买的意愿，且有可以支付的能力。

*注：“商业化”定义参考科大讯飞轮值总裁胡郁《人工智能价值兑现的三大指标》，2019年亿欧全球新经济年会

目录

CONTENTS

Part1. 中国自动驾驶发展背景 03

1.1 中国自动驾驶应用价值
1.2 商业化应用驱动因素
1.3 自动驾驶应用场景

Part2. 中国自动驾驶港口商业化应用研究 20

2.1 应用背景
2.2 应用现状
2.3 新技术影响
2.4 新型产业链
2.5 商业化应用评价体系
2.6 商业化时间拐点及市场规模

Part3. 中国自动驾驶港口场景未来发展 50

3.1 发展建议
3.2 未来展望

Part1.中国自动驾驶发展背景

The development of autonomous driving in China

1.1 中国自动驾驶应用价值

The benefits of autonomous driving in China

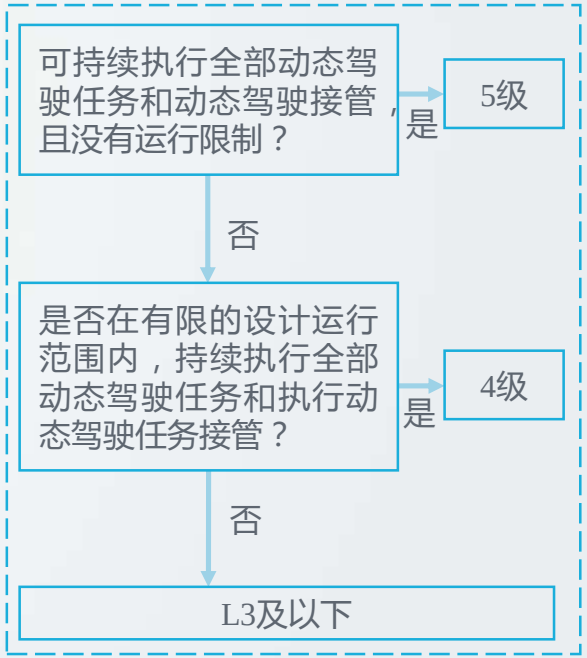
当前技术还无法达到全工况、全区域的自动驾驶，4级自动驾驶足以满足限定场景内实现完全替代驾驶员及安全员的需求

- 根据工信部发布的《汽车驾驶自动化分级》推荐性国家标准报批稿，中国对自动驾驶技术的分级标准与SAE*类似，均根据系统对车辆操纵任务的把控程度，将自动驾驶技术分为0-5级。其中，4级及以上自动驾驶真正实现了系统对驾驶员的替代。
- 5级完全自动驾驶没有使用场景限制，无需监控和控制，可实现全工况、全区域的自动驾驶，是汽车驾驶自动化系统研发的终极目标。但研发难度大、成本高，现阶段还未达到5级所需技术水平。在当前多数应用场景中，4级自动驾驶足以满足替代驾驶员的要求。

亿欧智库：工信部与SAE对自动驾驶分级标准对比



亿欧智库：驾驶自动化等级判定流程



资料来源：根据工信部《汽车驾驶自动化分级》与国际汽车工程协会（SAE International）2018年修改的J3016号文件，亿欧智库整理。
*注：1）SAE：SAE international 国际汽车工程协会；2）灰色框线部分为工信部 与SAE的不同，SAE认为0-3级自动驾驶在周边监控需要人控制，工信部认为需要人和系统共同控制；3）动态驾驶任务包括操作层面（转向、刹车、加速、监控汽车和道路）和策略层面（决定变道、转弯、使用信号灯的时间），但不包括战略层面（规划路线等）的驾驶任务。

4级自动驾驶商用车应用关乎生命安全、运输效率、节能环保，将释放巨大社会价值

- 4级自动驾驶真正实现了在限定场景内解放人力。干线、矿区、港口等场景的货物运输工作强度大、危险性高，安全事故时有发生，给行业和企业带来了巨大损失；而随着我国人口老龄化以及物流行业的发展，货车司机缺口进一步拉大，将制约运量提升；传统柴油卡车是机动车污染物排放的主要来源，司机的不规范驾驶将造成更多油耗进而排放更多污染物。**4级自动驾驶的应用通过替代人力及规范驾驶策略，将提升道路安全，减少交通事故发生数，缓解人力短缺，促进节能环保，释放巨大社会价值。**

提升道路安全

减少 **48%** 交通事故死亡数

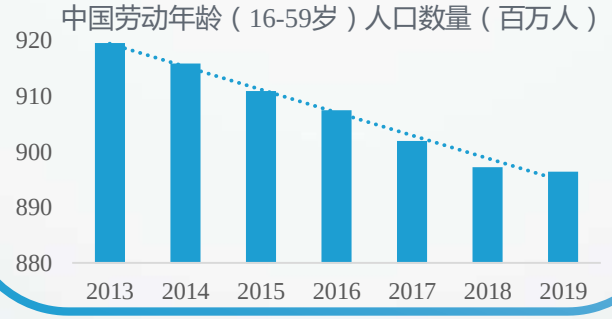
货运行业安全事故频发，货车司机被列为第六类（高危）职业之一。根据2016年公安部数据，我国货运车辆在机动车中占比只有12%，却制造了48%的交通事故死亡数。造成事故的主要原因是超速驾驶、注意力不集中等人为因素。自动驾驶能够极大减少甚至消除因人为因素导致的道路交通风险。



缓解人力短缺

填补 **1000万** 货车司机缺口

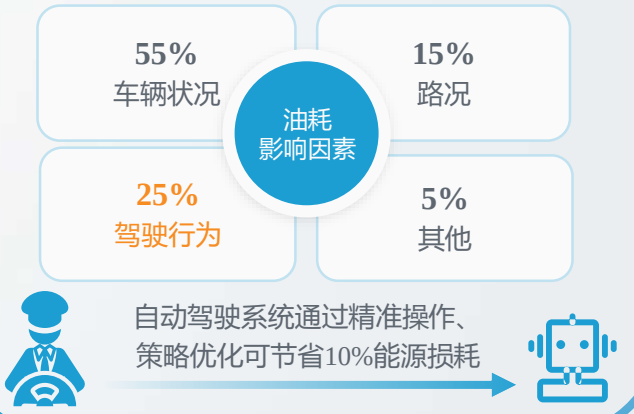
随着我国人口老龄化，适龄劳动人口逐年下降，劳动人口与劳动需求将产生巨大缺口。据业内专家预测，随着物流行业发展，我国未来货车司机缺口将达1000万人。由于工作强度大、环境艰苦、危险性大等因素，货运行业对年轻人吸引力差，后备力量不足，司机短缺现象普遍，制约运输效率提升，自动驾驶将有效缓解司机短缺现象，提升运输效率。



促进节能环保

减少 **10%** 能源损耗

传统柴油卡车能耗大、排放量大，会产生大量氮氧化物、颗粒物。因此，传统柴油卡车是机动车污染的主要源头。驾驶员不规范的驾驶行为会造成更多油耗，进而排放更多污染物。



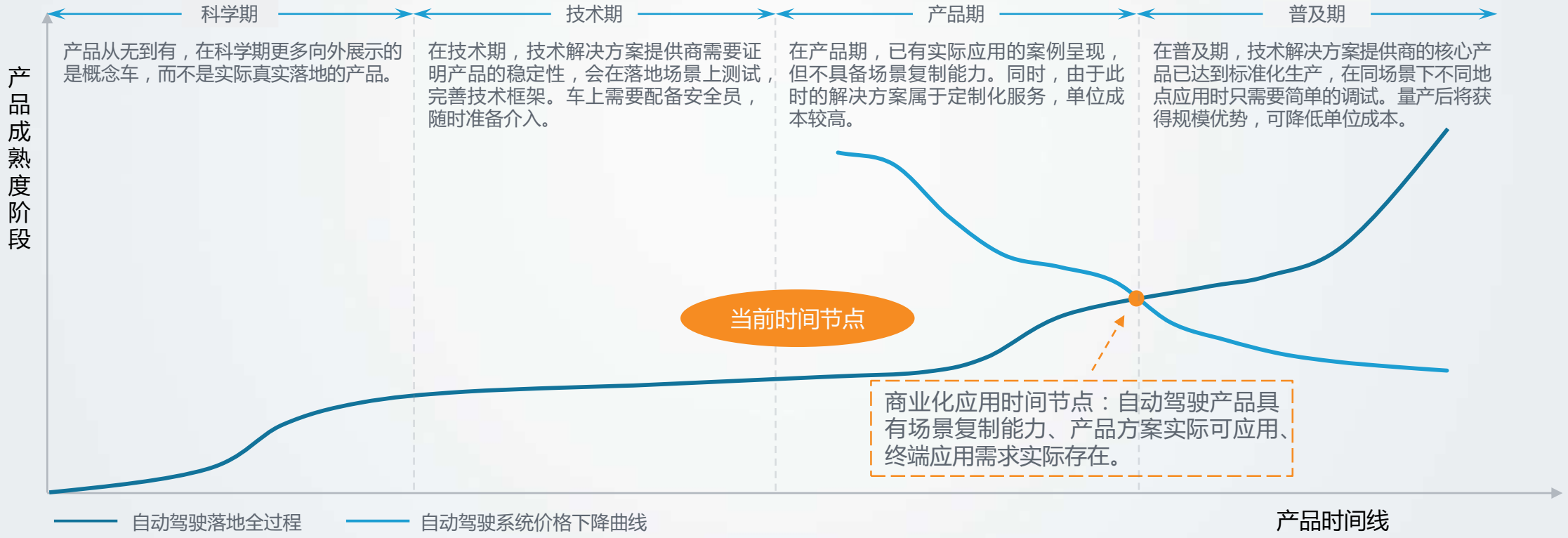
 资料来源：根据《卡车司机从业状况调查报告》、《自动驾驶应用场景与商业化路径》、《中国物流大数据报告-货车司机篇》、网易数读，亿欧智库整理。

1.2 商业化应用驱动因素

The driving factors of commercialization

自动驾驶产品是否可复制是衡量自动驾驶技术从产品期到普及期的核心标准

- 本报告将自动驾驶落地全过程分为**科学期、技术期、产品期和普及期**四个阶段。其中，从产品期到普及期，自动驾驶解决方案从定制化走向标准化。**本报告研究的商业化应用时间拐点发生在从产品期到普及期的过渡阶段。**
- 在这个时间拐点上，技术解决方案提供商的自动驾驶产品具有场景复制能力，且解决方案具有可行性。同时，终端应用方的需求是真实的，即成本可承担。

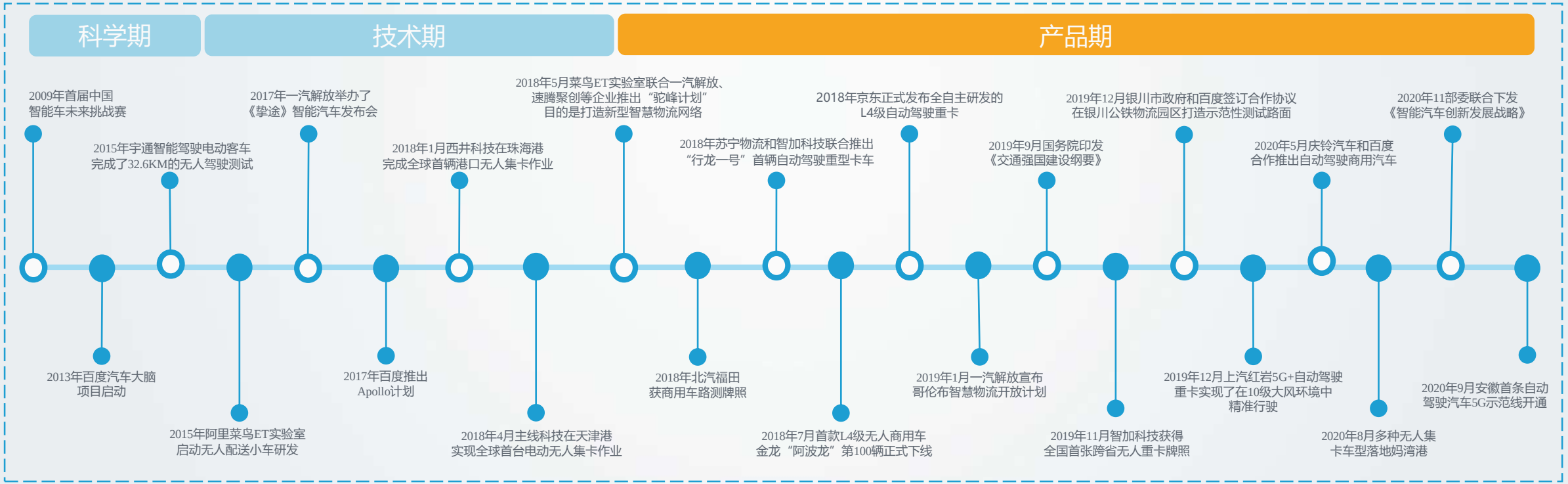


 资料来源：车袁，《落地之路硅谷无人驾驶产品心经》，2020年中信出版社；亿欧智库整理。

中国自动驾驶商用车发展加速进入产品期，已实现多场景落地应用

- 自2009年首届“智能车未来挑战赛”举办以来，以百度为代表的科技企业加速自动驾驶技术研发及产品测试，自动驾驶技术迭代加速。自2018年起，随着自动驾驶市场关注度由乘用车逐渐转向商用车，自动驾驶商用车发展加速；以西井科技、主线科技为代表的科技企业纷纷落地商用车自动驾驶解决方案，**标志着自动驾驶商用车发展进入了产品期，在多场景实现落地应用。**

亿欧智库：中国自动驾驶商用车领域发展大事件



EO Intelligence 资料来源：亿欧智库整理。

多部委政策鼓励自动驾驶技术实现商业化应用，推动汽车大国向汽车强国发展

顶层设计

《中国制造2025》

到2025年，掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术，建立较完善的智能网联汽车自主研发体系、生产配套体系及产业群，基本完成汽车产业转型升级。

《新一代人工智能发展规划》

构建开放协同的人工智能科技创新体系，培育高端高效的智能经济，建设安全便捷的智能社会，明确提出发展自动驾驶汽车等智能运载工具。

《交通强国建设纲要》

由依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变、加强智能网联汽车（智能汽车、自动驾驶、车路协同）研发、推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合。

新基建及相关政策

新基建及相关政策所涉及的5G、人工智能、新能源充电桩建设等领域将从车联网、单车智能等方面助力自动驾驶高质量发展。

产业发展

- 2017.4 《汽车产业中长期发展规划》
  加大技术研发支持，协调制定相关标准法规，推动宽带网络基础设施建设和多产业攻坚智能网联汽车大数据交互平台，加快网络信息安全和车辆形势安全体系建设。
- 2018.12 《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》
  2020年后，高级别自动驾驶功能的智能网联汽车和5G-V2X逐步实现规模化商业应用，“人-车-路-云”实现高度协同。
- 2020.02 《智能汽车创新发展战略》
  到2025年实现有条件自动驾驶的智能汽车达到规模化生产，实现高度自动驾驶的智能汽车在特定环境下市场化应用。

技术路径

- 2018.1 《智能汽车创新发展战略（征求意见稿）》
  2025年，标准、法规、产品监管、信息安全体系全面建立，新车基本实现智能化。
- 2019.5 《2019年智能网联汽车标准化工作要点》
  全面开展自动驾驶相关标准（如自动驾驶数据记录、驾驶员接管能力识别及驾驶任务接管）研发，启动交叉两路口碰撞预警等系统应用类标准的预研，完成智能网联汽车通信需求、自动驾驶高精地图标准化需求等研究项目，深入参与联合国智能网联汽车国际法规协调并继续加大国际标准的参与广度与深度。

体系建设

- 2018.04 《智能网联汽车自动驾驶功能测试规程（试行）》
- 2018.06 《国家车联网产业标准体系建设指南（总体要求）》
- 2018.07 《自动驾驶封闭测试场地建设技术指南（暂行）》
- 2019.09 《国家车联网产业标准体系建设指南（车辆智能管理）》
- 2020.03 《汽车驾驶自动化分级》

地方政策

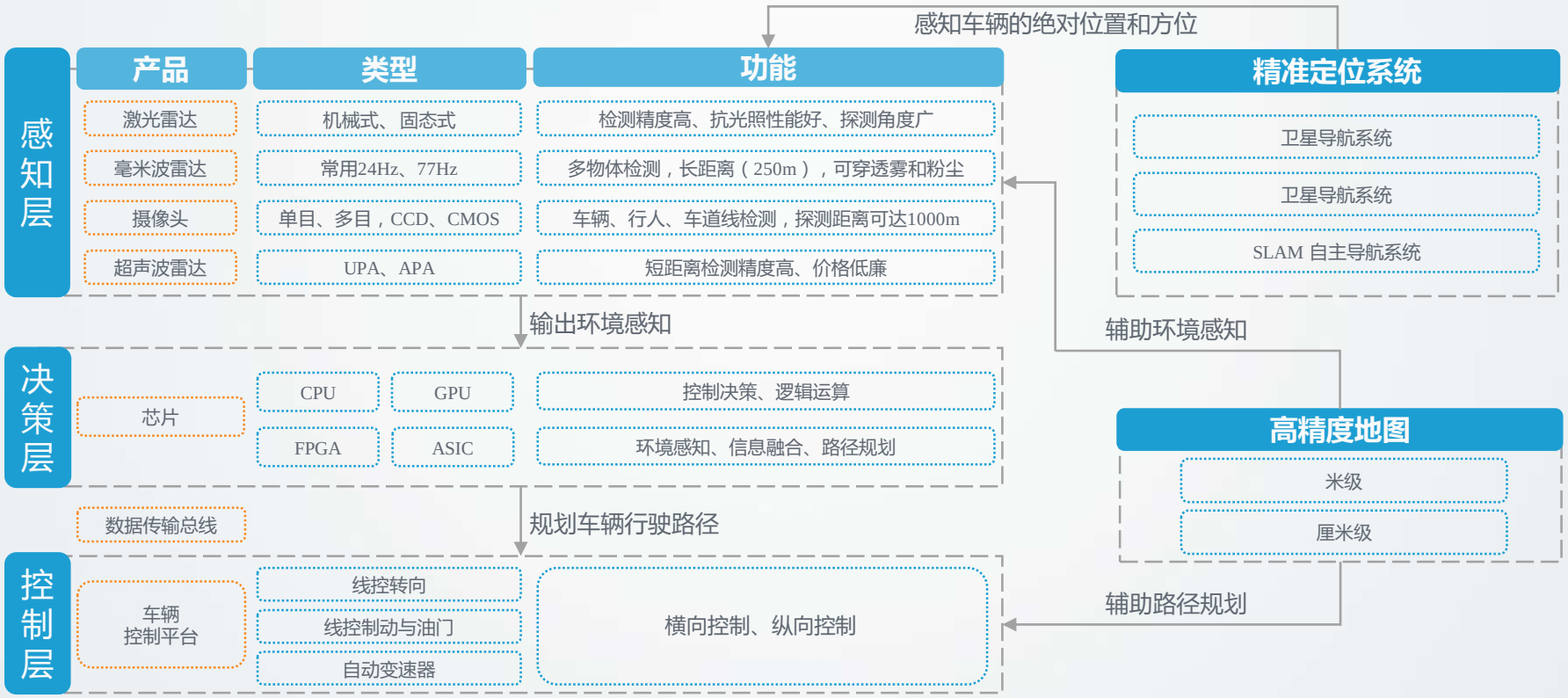
- 2018.12 《北京市智能网联汽车创新发展行动方案》
- 2018.12 《重庆加快新能源和智能网联汽车产业发展若干政策措施2018-2020）》
- 2019.6 《江苏省推进车联网产业发展行动计划（2019-2021）》
- 2019.7 《成都市智能网联汽车产业发展实施方案（2019-2021）》
- 2019.7 《上海市智能制造行动计划（2019-2021）》

 资料来源：根据各政府部门官网文件，亿欧智库整理。

多领域技术构成自动驾驶产业链上游，协同发展促进应用落地

◆ **自动驾驶技术主要涉及感知层、决策层、控制层三个层面。感知层通过激光雷达等传感器采集环境信息数据**；决策层通过CPU、GPU等芯片完成信息融合、环境感知、路径规划，从而输出控制决策，由控制层的线控转向、制动等系统实现车辆的横向控制与纵向控制。此外，精准定位系统和高精度地图两大技术能够加强自动驾驶系统的环境感知与定位能力，辅助自动驾驶应用落地。

亿欧智库：自动驾驶产业链上游技术盘点



EO Intelligence 资料来源：亿欧智库整理。

中国自动驾驶上游产业链趋于完善，为自动驾驶实现商业化奠定了良好的基础

- 自2016年以来中国自动驾驶上游技术产业蓬勃发展，在感知层、决策层、控制层以及精准定位系统和高精度地图等技术领域均出现具有代表性的国产企业，在诸如激光雷达、自动驾驶芯片等核心零部件和高精度地图等技术服务方面实现国产化；**中国自动驾驶上游产业链趋于完善，为自动驾驶商业化应用奠定良好基础。**

亿欧智库：中国自动驾驶上游企业盘点

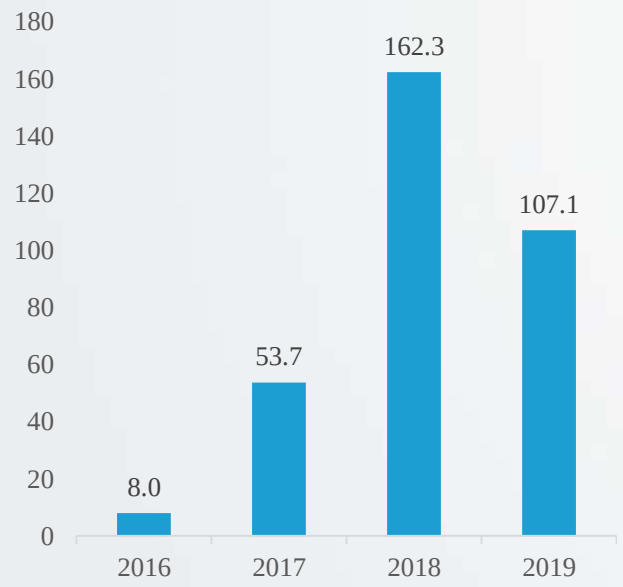


资料来源：亿欧智库整理。

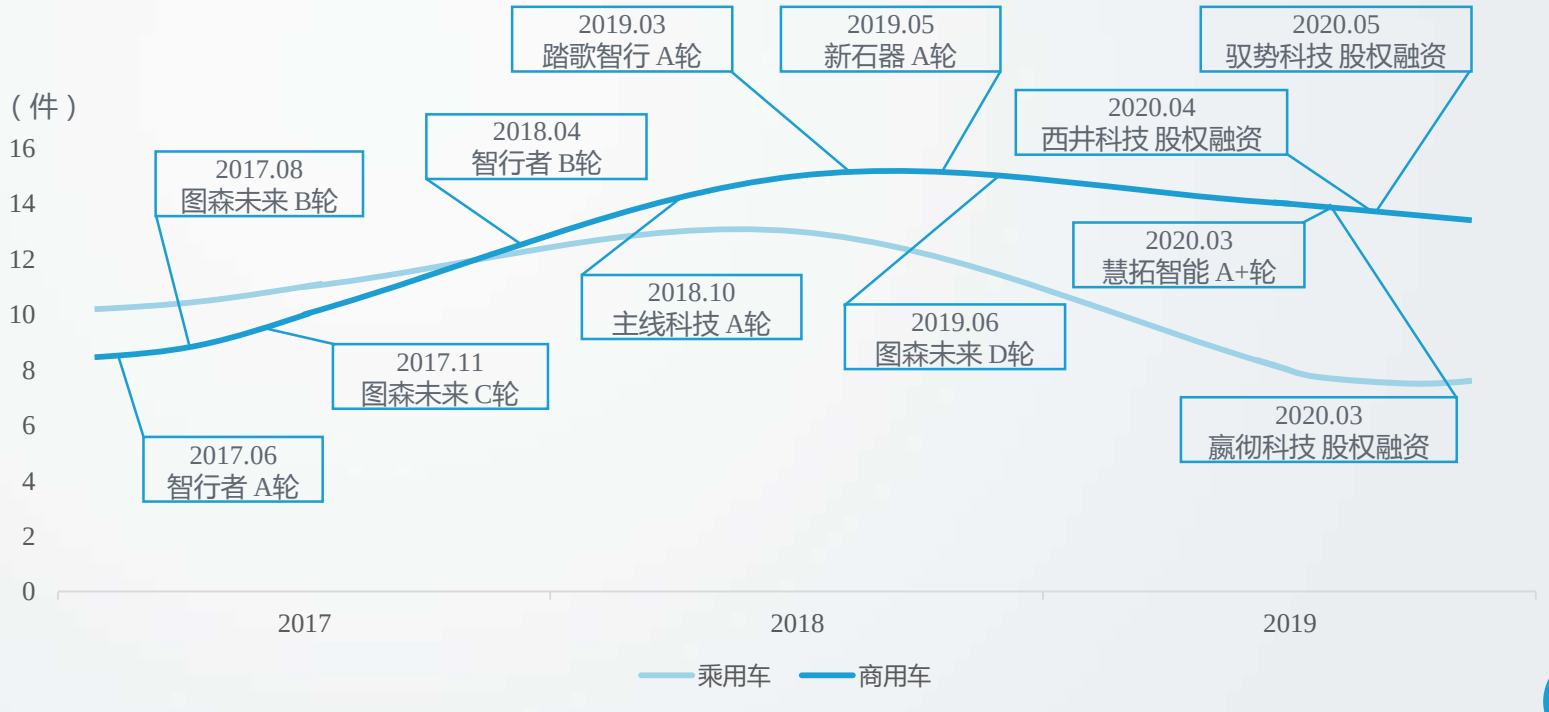
自动驾驶商业化应用投入大、周期长、回报慢，资本市场趋于冷静，转至需求更加明显且落地难度较小的商用车领域

- 自2016年起中国自动驾驶领域融资逐步升温，并在2018年达到顶峰，融资总额达162.3亿元，同比增长201.6%；早期融资集中于自动驾驶上游企业和乘用车领域，商用车领域融资较少；由于自动驾驶乘用车研发难度大、商业化应用验证周期长，导致了投资回报慢，资本逐步趋于冷静；**因此自2018年起，资本逐渐转向需求更加明确且更易落地的商用车领域，期望更快实现自动驾驶商业化应用。**

亿欧智库：中国自动驾驶领域融资总额



亿欧智库：中国自动驾驶融资事件数及商用车领域标志性事件盘点



 资料来源：亿欧智库整理；数据来源：亿欧智库。

1.3 自动驾驶应用场景

The application of autonomous driving

自动驾驶载货商用车领域的六大主流应用场景

◆ 当前自动驾驶在载货商用车领域有六大主流应用场景，包括：港口场景、物流园区、矿区场景、机场场景、干线物流、末端物流。

亿欧智库：自动驾驶商用车领域六大主流应用场景

港口场景



- **场景简介**：港口场景复杂度低，对自动驾驶技术要求低，但市场规模较小；
- **应用现状**：在上海、天津、宁波、深圳等多地港口已展开自动驾驶集卡试运营；天津港已布局超25辆自动驾驶集卡；
- **车辆类型**：自动驾驶集卡；
- **实现功能**：自动驾驶集卡行驶在塔吊和堆场之间，负责运输集装箱，速度为30km/h以下。

物流园区



- **场景简介**：物流园区基建完善，自动化程度高，内部行驶的车辆类型较多；
- **应用现状**：菜鸟、苏宁、德邦均布局物流园自动驾驶，京东也在筹备5G物流示范园，全园将引入自动驾驶技术；
- **车辆类型**：自动驾驶重卡自动驾驶轻型货车；
- **实现功能**：仓与仓之间货物运输，速度为30km/h以下。

矿区场景



- **场景简介**：自动驾驶主要应用在露天矿区，该场景基建程度相对较差，粉尘多，自动驾驶感知难度高；
- **应用现状**：白云鄂博矿区、鄂尔多斯矿区等多个矿区展开试运营；
- **车辆类型**：自动驾驶矿卡自动驾驶宽体车；
- **实现功能**：自动驾驶矿卡完成岩石土方剥离，将煤矿运送到指定位置，速度为30km/h以下。

机场场景



- **场景简介**：机场场景内车辆类型多，包括加油车、摆渡车、拖车、飞机等，对感知和决策的考验较大；
- **应用现状**：广州、海口、北京等多地机场已展开自动驾驶接驳车试运营；
- **车辆类型**：自动驾驶接驳车；
- **实现功能**：在机场行李仓和飞机行李仓之间，运输行李及货物，速度为30km/h以下。

干线物流



- **场景简介**：干线物流场景机动车与非机动车隔离，无对向来车，降低了感知及决策难度；
- **应用现状**：目前国内应用是会铺设一条专用的智慧道路，图森未来、主线科技已在多地进行商业试运营；
- **车辆类型**：自动驾驶货车；
- **实现功能**：实现货物点到点的自动干线运输，行驶速度80-120km/h。

末端物流



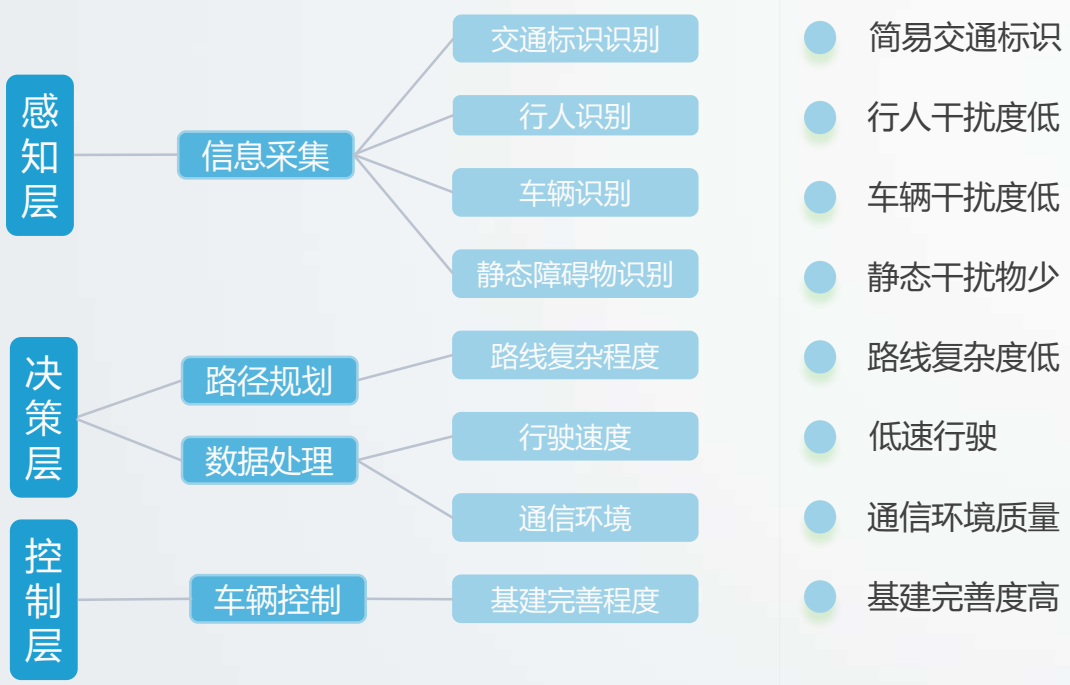
- **场景简介**：末端物流具有高频、分散的特点，目的是解决“最后一公里”配送难题；
- **应用现状**：目前苏宁、京东等平台均推出了4级无人配送小车，并已实现试运营；
- **车辆类型**：无人配送小车；无人配送大车；
- **实现功能**：小体积配送车主要行驶在人行道，负责配送食品外卖；大体积则是用于线下零售配送；行驶速度为15-25km/h。

 资料来源：亿欧智库整理；图片来源：Pixabay、苏宁官方稿件。

港口场景下自动驾驶技术实现难度相对较小，更易实现商业化应用

- 场景复杂程度是自动驾驶技术在该场景实现落地应用的关键因素之一。亿欧智库从场景对自动驾驶技术实现难度的影响因素出发，通过交通标识、行人干扰程度等8个指标对自动驾驶商用车应用六大主流场景进行评价对比。**综合分析之下，4级自动驾驶技术在港口场景应用难度较小，更易实现商业化应用，因此亿欧智库将港口场景作为自动驾驶商业化应用研究的主要研究场景。**

亿欧智库：自动驾驶商业化应用场景评价指标维度



港口场景	物流园区	矿区场景	机场场景	干线物流	末端物流
35颗星	34颗星	28颗星	30颗星	24颗星	23颗星
★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★☆☆☆
★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★☆☆	★★★★★	★☆☆☆☆
★★★★★	★★★★☆	★★★★★	★★★☆☆	★★☆☆☆	★★★☆☆
★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★☆☆☆	★★★★☆	★☆☆☆☆
★★★★★	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★☆☆☆
★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆	★☆☆☆☆	★★★★★
★★★☆☆	★★★★☆	★★★☆☆	★★★★★	★★☆☆☆	★★★★★
★★★★★	★★★★★	★★★☆☆	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆

备注：根据专家访谈、公开资料进行打分，星数越多，该场景下自动驾驶技术更易实现

EO Intelligence 资料来源：根据专家访谈，亿欧智库整理。

港口堆垛层较高会限制自动驾驶跨运车应用，自动驾驶集卡适合中国港口水平运输自动化应用

- 在港口场景中，当前4级自动驾驶技术主要用于实现水平运输自动化作业，主要应用形式包括自动驾驶集卡和自动驾驶跨运车。自动驾驶跨运车能够同时实现垂直和水平运输，但由于可堆箱数有限，不适用于堆垛层较高的国内港口。**国内港口更多采用自动驾驶集卡搭配自动化轨道吊完成自动化水平运输及垂直运输。因此亿欧智库将自动驾驶集卡作为自动驾驶港口商业化应用研究对象。**

亿欧智库：自动驾驶技术港口应用形式对比

自动驾驶集卡

自动驾驶集卡与其他港口自动驾驶解决方案相比，成本较低，仅限于水平运输应用，适合全部类型的堆场应用，亚洲港口应用较多。





自动驾驶跨运车

自动驾驶跨运车单车成本较高，融合水平垂直运输于一体，适合5层堆垛以内的堆场应用，在欧洲、美洲、澳洲应用较多。

所属地区	码头名称	所在港区	使用车型	建成年份
亚洲	深圳妈湾海星港	中国	自动驾驶集卡	在建
	天津五洲国际港	中国	自动驾驶集卡	2019
	蓝菜帮码头	泰国	集卡	2018
	Khalifa码头	阿联酋	集卡	2018
	拉蒙湾码头	印尼	集卡	2016

所属地区	码头名称	所在港区	使用车型	建成年份
欧洲	BEST码头	西班牙	跨运车	2013
	Vado码头	意大利	跨运车	2014
美洲	Trapac码头	美国	跨运车	2016
澳洲	布里斯班码头	澳大利亚	自动化跨运车	2014
	VICT码头	澳大利亚	自动化跨运车	2017

 资料来源：根据《自动化集装箱码头应用技术》，亿欧智库整理；图片来源：西井科技官网、卡尔玛官网。

Part2. 中国自动驾驶港口商业化应用研究

The analysis of autonomous driving commercialization at ports in China

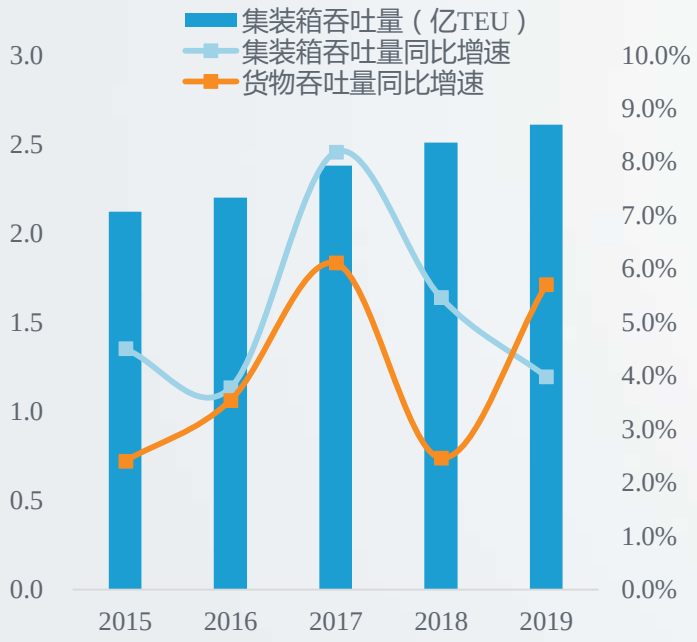
2.1 应用背景

The application background

全球航运市场增长缓慢，航运联盟化已成定局，港口同质化竞争剧烈，港口寻求内生式利润增长点

- 全球经济贸易增长放缓、国际贸易保护主义抬头致航运市场增长缓慢，自2017年起集装箱吞吐量增速下滑，同比增速不足4%。航运联盟化格局已定，三大联盟占主要航线90%以上市场份额，航运市场向买方市场转变，港口议价能力持续下降。货主在选择港口时考虑地理条件、服务质量和价格，以环渤海地区为例，邻近港口的腹地重叠、货类趋同，同质化竞争剧烈。**多因素促使港口寻求内生式利润增长点。**

亿欧智库：中国港口集装箱吞吐量及同比增长



亿欧智库：全球三大航运联盟及市场占比



亿欧智库：环渤海地区主要港口腹地及货种统计

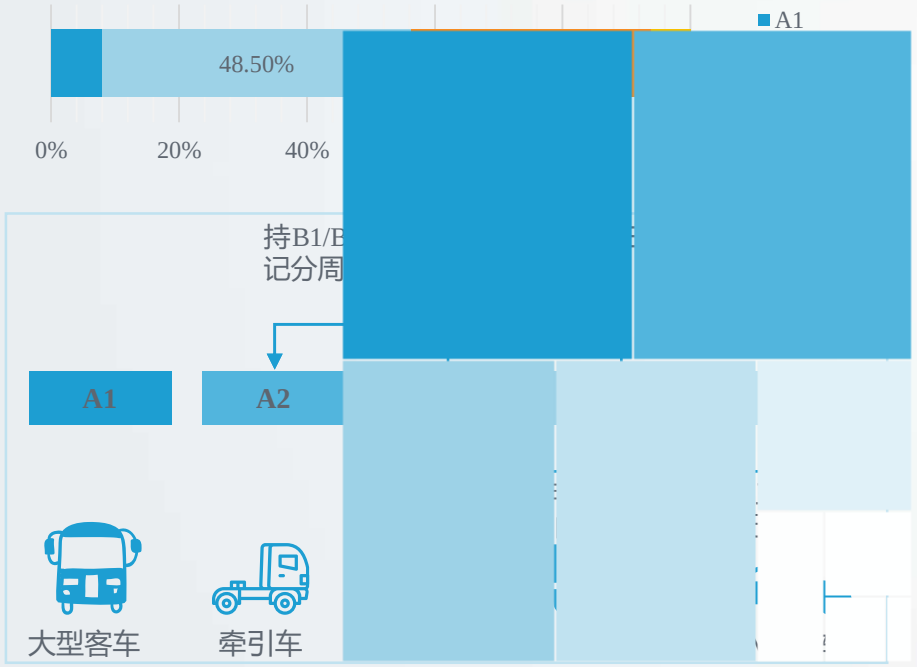
主要港口	腹地	货种
大连港	**东北三省、内蒙古东部、**环渤海地区	**油品、集装箱、滚装商品车、铁矿石、煤炭**、钢材、**粮食**和大宗散杂货、客运滚装等
营口港	**东北三省、内蒙古东部**	**集装箱、金属矿石、钢材、煤炭及制品、**粮食、非矿、矿建材料、成品油及化工产品、滚装汽车等
秦皇岛港	**华北、东北、西北地区、**山东、河南	**煤炭、金属矿石、油品及液体化工、集装箱**、杂货及其他货品
天津港	**华北、东北、西北地区**	**煤炭、金属矿石、油品**等大宗物资
唐山港	**河北，山西、内蒙、陕西、甘肃、宁夏、新疆**	**煤炭、矿石、钢材、集装箱**
青岛港	**山东、河北、山西、河南、**江苏，**陕西、宁夏、甘肃及新疆**	**集装箱、金属矿石、煤炭**、石油、粮食、钢铁、木材、汽车、纸浆、化肥、冷冻品、机械设备及其他液体散货、干散货、件杂货等
日照港	**环渤海地区**	**矿石、煤炭、焦炭**、粮食、木材、钢材、镍矿、铝钒土、水泥等大宗散杂货

EO Intelligence 资料来源：根据2019年港口企业年报，亿欧智库整理；数据来源：交通运输部、联合国贸易和发展会议。

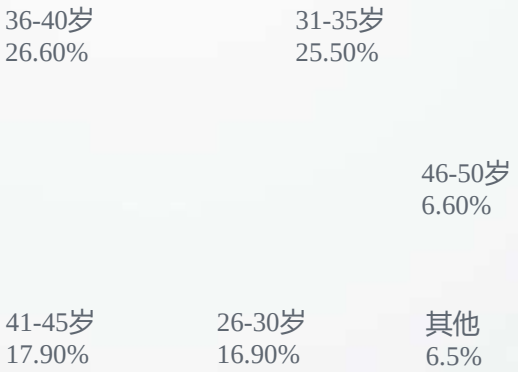
卡车司机短缺问题严重，人力、能耗成本高企，降本增效是港口实现内生式增长的核心途径

- 目前，卡车司机中仅有48.5%的司机持A2驾照，由于港口运输集卡司机须持A2级驾照，考取A2级驾照至少需6年驾驶经验（3年C1及3年B1/B2）。此外由于港口内3公里运输枯燥且三班倒作业工作强度大，对年轻司机吸引力差，51.5%的司机年龄在35岁以上，司机新生力量不足。综合因素导致港口司机短缺问题严重，人力运输成本高企。此外当前港口运输多采用柴油集卡，能耗大，人力及能耗成本占港口总成本65%。**通过成本管控、效率提升实现内生式增长是港口实现内生式增长的核心途径。**

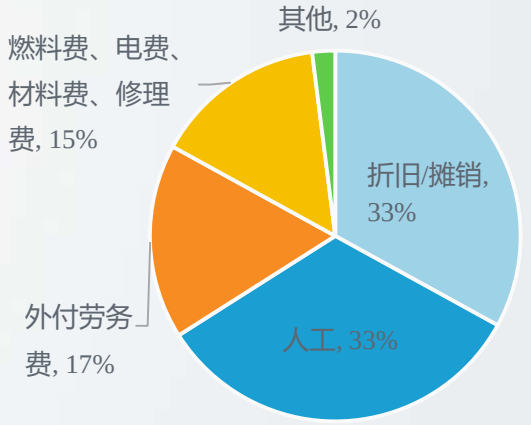
亿欧智库：集卡司机所持驾照类别占比



亿欧智库：集卡司机年龄结构分布



亿欧智库：港口各部分成本占比

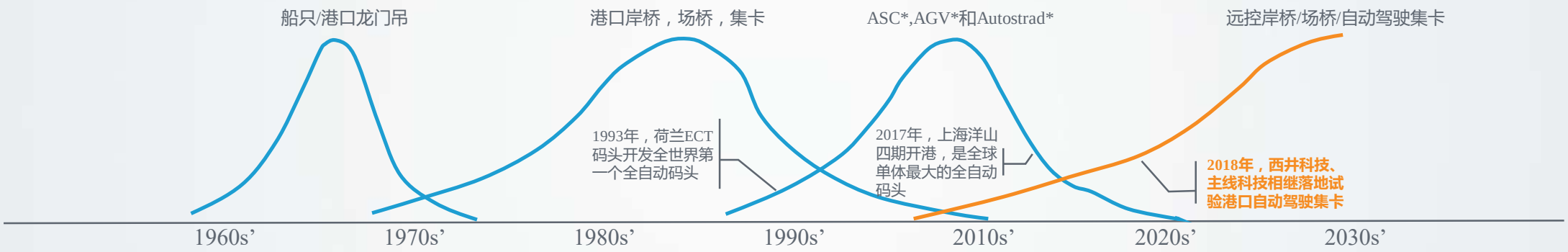


 资料来源：《机动车驾驶证申领和使用规定》，亿欧智库整理；数据来源：光大证券、《中国卡车司机报告》。

水平运输自动化是港口实现降本增效的核心，自动驾驶集卡是现有最优解决方案

- 自1960年以来，港口自动化作业水平不断提升，当前港口垂直运输通过自动化轨道吊已实现较高水平自动化作业，但水平运输自动化仍是港口自动化升级的核心痛点。现有解决方案中AGV*场地改造难度大及单车价格高昂，自动驾驶跨运车由于堆箱高度限制不适用我国港口。**综合考虑下，自动驾驶集卡对场地改造要求低、单车成本较低且使用灵活便利，是新旧港口水平运输自动化改造的最优解决方案。**

亿欧智库：港口机械发展历程



亿欧智库：港口运输解决方案对比

港口运输解决方案	感知、定位、导航系统	基础设施改造	采购、维护、保养成本	运输能力	使用区域限制	使用便利性	调整作业区域	未来技术升级潜力	适用港口
AGV*	道路预埋磁钉	前期投入大，改造费用高	单车成本高昂	水平运输	仅港内限定区域	仅能够自动驾驶	需重新铺磁钉	低	大型新建港口
自动驾驶跨运车	车载传感器	基本无需场地改造	单车成本较高	水平及垂直运输	仅港内限定区域	同时支持自动驾驶和远程控制	简单易行	高	堆垛箱数较少的新旧港口
自动驾驶集卡	**车载传感器**	**基本无需场地改造**	**单车成本较低**	**水平运输**	**港内、港外、等级公路**	**同时支持自动驾驶和远程控制**	**简单易行**	**高**	**新旧港口**

资料来源：根据西井科技、中国重汽，亿欧智库整理。
*注：AGV： 自动导航运载车；ASC：自动集装箱轨道式起重机；Autostrad：自动跨运车

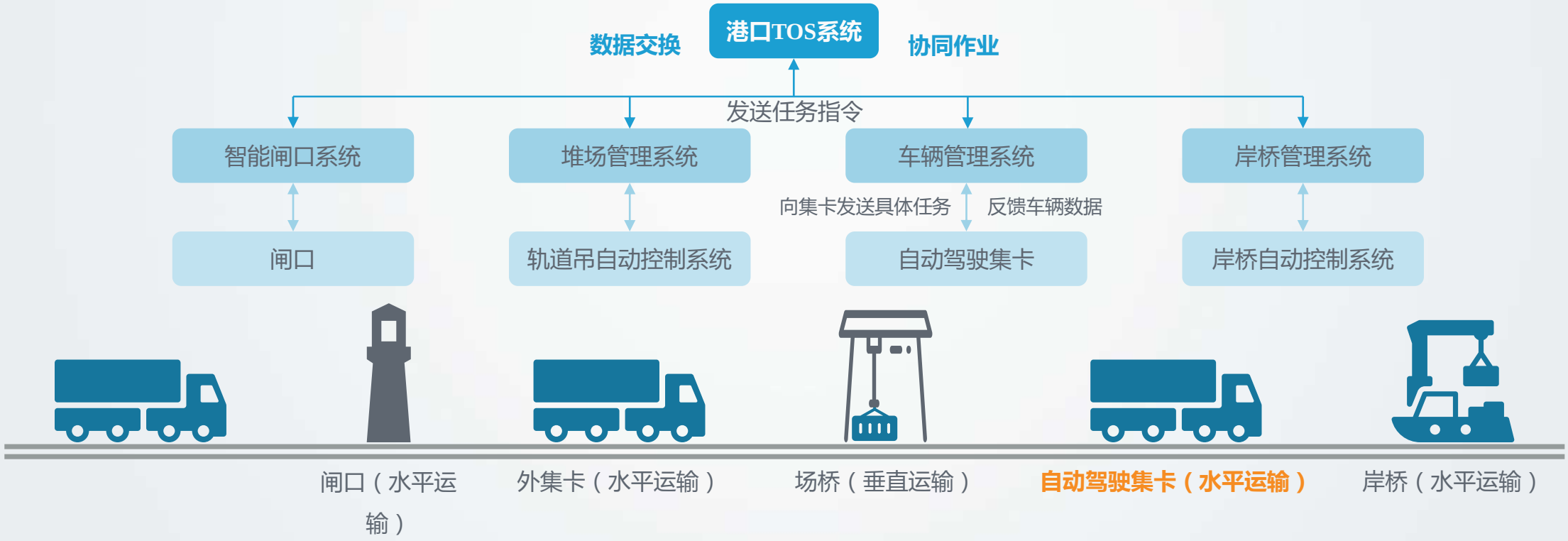
2.2 应用现状

The status quo of application

自动驾驶集卡通过车队管理系统融入港口作业系统，实现协同作业

- 集装箱码头采用闸口—场桥—内集卡—岸桥的运输系统。外集卡经过闸口在场桥完成装卸，内集卡再将集装箱转运至岸桥装船作业，自动驾驶集卡将替换传统内集卡，完成堆场—岸桥水平运输作业。**自动驾驶集卡通过车队管理系统融入港口TOS系统，与港口对接，实现后台统一调度、规划路线，车辆远程监控、智能化管理等功能。**

亿欧智库：港口作业系统及自动驾驶集卡应用示意图

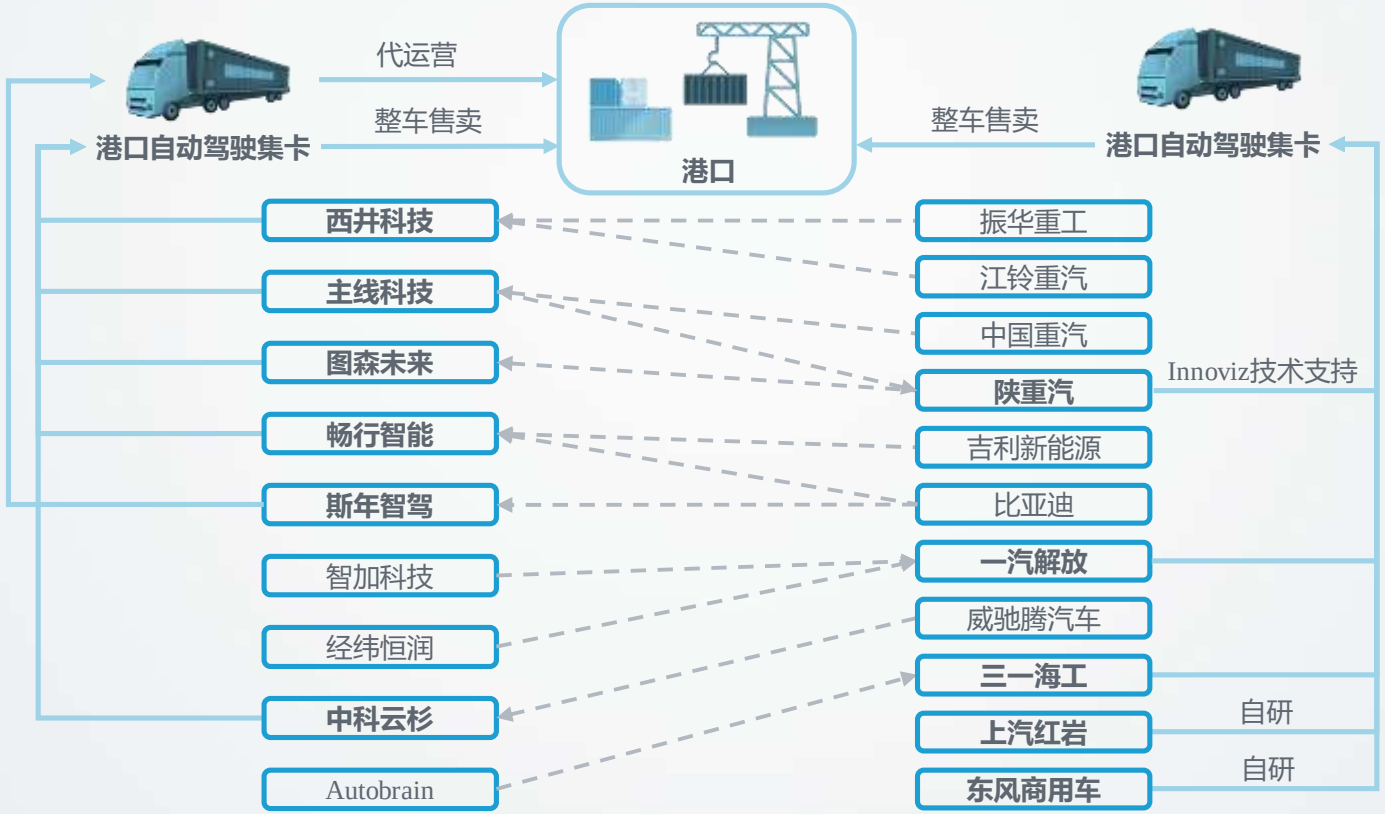


资料来源：根据毕马威，亿欧智库整理。

技术解决方案提供商与主机厂协同推进自动驾驶港口商业化应用，合作联盟格局初定

- **当前港口自动驾驶应用主导方分为技术解决方案提供商和主机厂，由主导方最终向港口售卖自动驾驶集卡。**技术解决方案提供商作为主导方时，上游企业、主机厂作为供应商为技术解决方案商提供所需零部件和整车；主机厂作为主导方时，上游企业、技术解决方案商作为供应商为主机厂提供所需零部件和自动驾驶系统。**技术解决方案提供商与主机厂合作联盟格局初定。**

亿欧智库：技术解决方案提供商与主机厂合作联盟盘点

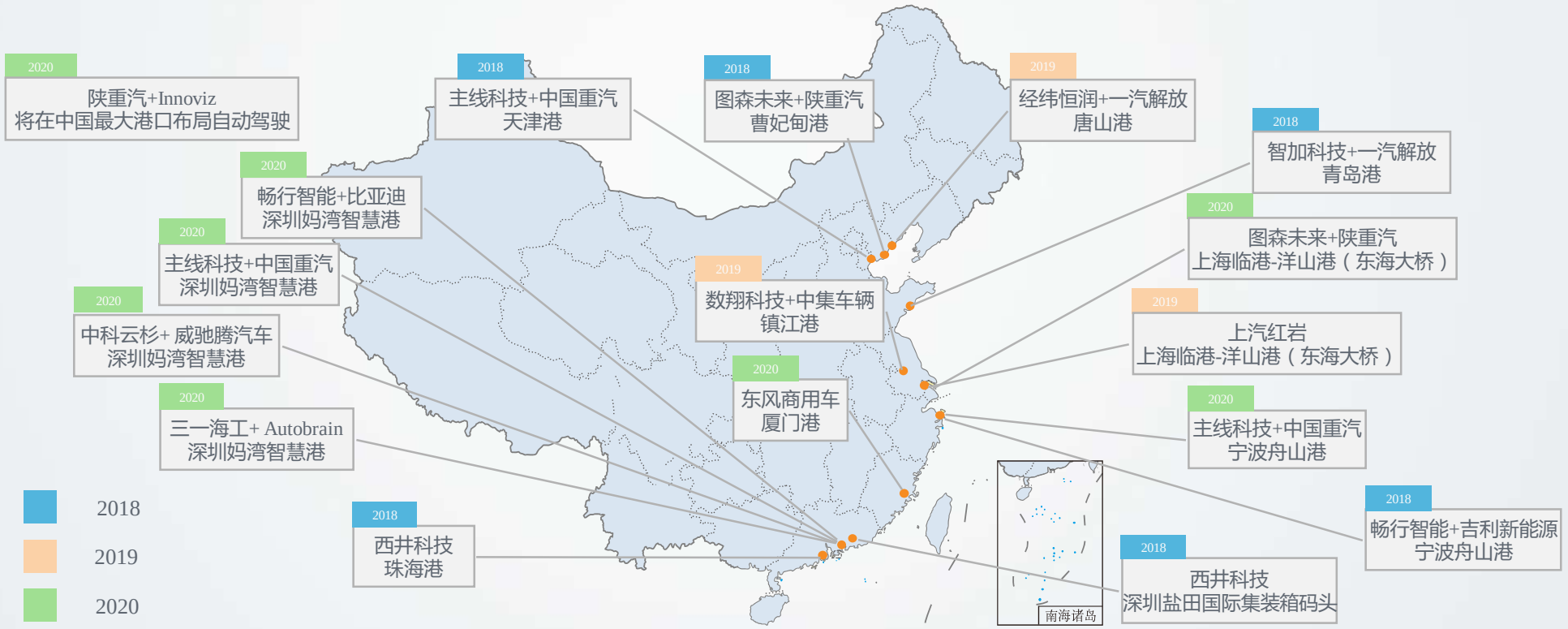


 资料来源：根据西井科技、主线科技访谈、斯年科技访谈，亿欧智库整理。

自动驾驶相关企业在港口布局加速，“北—中—南”沿海的重要港口均有布局

- 2018年起，以西井科技、主线科技、图森未来为代表的自动驾驶技术解决方案提供商纷纷与港口合作，进行自动驾驶集卡落地应用试验，并逐步进行商业化试运营。以一汽解放、东风商用车、上汽红岩为代表的主机厂也通过合作或自研的方式研发港口自动驾驶集卡并进行落地应用。**目前国内已有11个港口落地应用自动驾驶集卡，“北-中-南”沿海重要港口均有企业布局。**

亿欧智库：中国自动驾驶港口落地分布图



 资料来源：亿欧智库整理。

已落地港口自动驾驶车型多样，电力驱动车型是自动驾驶港口应用趋势

◆ **目前已落地港口自动驾驶运输车可分为集卡车型和港口专用车型。**集卡车型基于传统集卡加装自动驾驶系统，港口专用车型去除驾驶舱，仅包括底盘和自动驾驶系统，在转向系统设计上更具灵活性。自动驾驶港口运输车辆多采用电力驱动，控制响应时间更短，且能为自动驾驶系统直接提供电源，相比燃油车效率更高，电力驱动车型是自动驾驶港口应用趋势。

亿欧智库：自动驾驶港口应用车型盘点

集卡车型

主线科技



车型：中国重汽豪沃T5G
动力方式：**电力驱动**
落地港口：天津港；宁波舟山港；妈湾港

三一海工



车型：未知
动力来源：**电力驱动**
落地港口：妈湾港

畅行智能



车型：比亚迪
动力方式：**电力驱动**
落地港口：妈湾港

上汽红岩



车型：上汽红岩杰狮C6
动力方式：天然气驱动
落地港口：上海洋山港

图森未来



车型：陕重汽德龙X6000
动力方式：燃油驱动
落地港口：曹妃甸港；上海洋山港

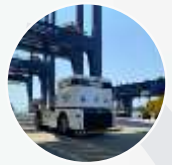
一汽解放



车型：一汽解放J7
动力方式：燃油驱动
落地港口：青岛港；唐山港

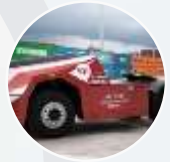
港口专用车型

西井科技



车型：江铃重汽
动力方式：**电力驱动**
落地港口：珠海港；深圳国际集装箱码头

中科云杉



车型：威驰腾汽车
动力方式：**电力驱动**
落地港口：妈湾港

东风商用车



车型：东风商用车
动力方式：**电力驱动**
落地港口：厦门港

一汽解放



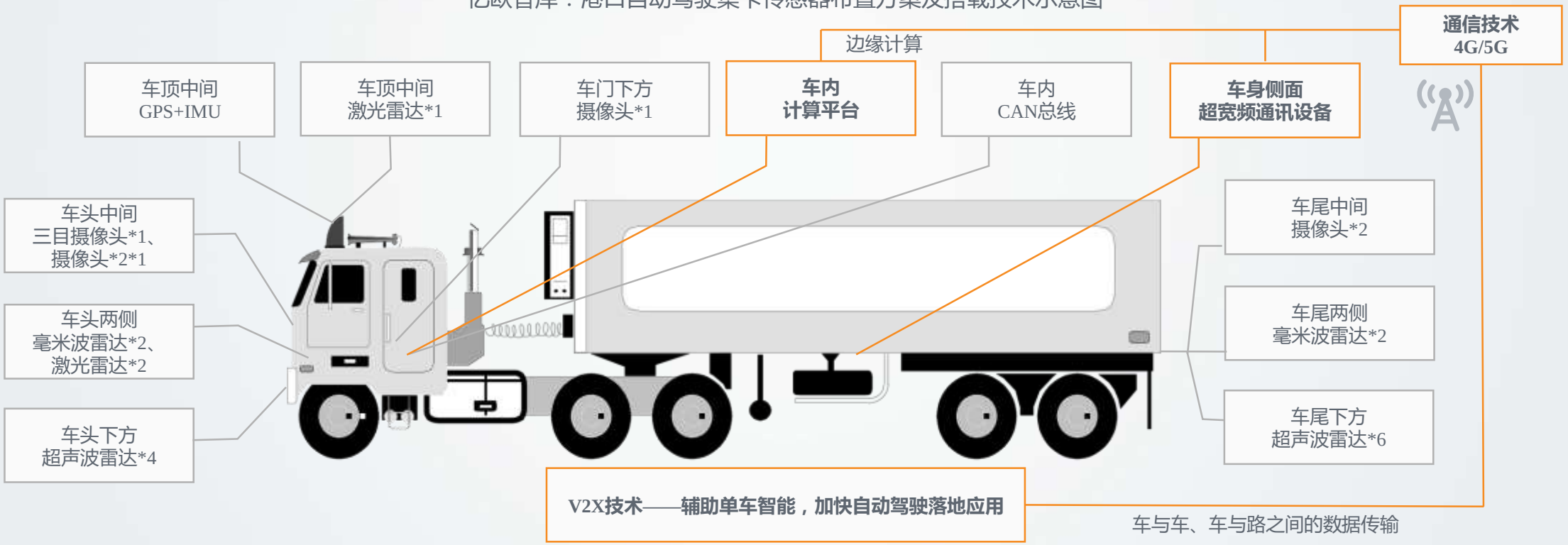
车型：一汽解放J7
动力方式：燃油驱动
落地港口：青岛港；唐山港

 资料来源：亿欧智库整理；图片来源：车辆图片均来自其公司的官方稿件。

港口自动驾驶集卡采用多传感器融合方案，数据融合、信息共享、协同作业要求港口具有较好的通信环境

- **已落地港口自动驾驶集卡大多采用多传感器融合的方式。**以激光雷达为主传感器，辅以毫米波雷达、超声波雷达、摄像头、GPS定位导航和IMU惯性导航，再通过自动驾驶软件算法和控制系统实现环境主动感知、自主定位、自主智能控制、远程通讯和遥控控制等功能。**除车上搭载的多种传感器外，通信技术和V2X技术都会对港口自动驾驶应用产生影响。**

亿欧智库：港口自动驾驶集卡传感器布置方案及搭载技术示意图



 资料来源：根据卡车之家解说上汽红岩5G智能重卡，亿欧智库整理；图片来源：Pixabay。

当前港口通信建设与运维成本高、稳定性差，5G移动通信技术或将解决港口通信难点

- 当前港口网络通信多采用光纤通信、WiFi通信的方式，存在诸多弊端。例如，光纤通信基建成本高，大量施工影响港口正常作业；WiFi通信质量不稳定且抗干扰能力差。因此，现有港口的通信环境增加了自动驾驶集卡应用的难度。
- 5G移动通信与4G移动通信相比在技术指标上有明显提升，其超低时延、超大带宽、超多连接数的网络特性能够满足港口作业及自动驾驶集卡应用需求；此外，由于5G移动通信速率提升了143倍，解决了光纤铺设难题，降低了港口通信环境改造成本，将解决港口通信难点。

亿欧智库：港口通信难点及通信弊端



亿欧智库：4G、5G移动通信技术指标对比

技术指标	峰值速率	用户体验速率	流量密度	端到端时延	连接数密度	移动通信环境	能效	频谱效率
4G参考值	1Gbps	10Mbps	0.1Tbps/k㎡	10ms	10^5k㎡	350km/h	1倍	1倍
5G目标值	10-20Gbps	0.1-10Gbps	10Tbps/k㎡	1ms	10^6/k㎡	500km/h	100倍提升	3-5倍提升
提升效果	10-20倍	10-100倍	100倍	10倍	10倍	143倍	100倍	3-5倍

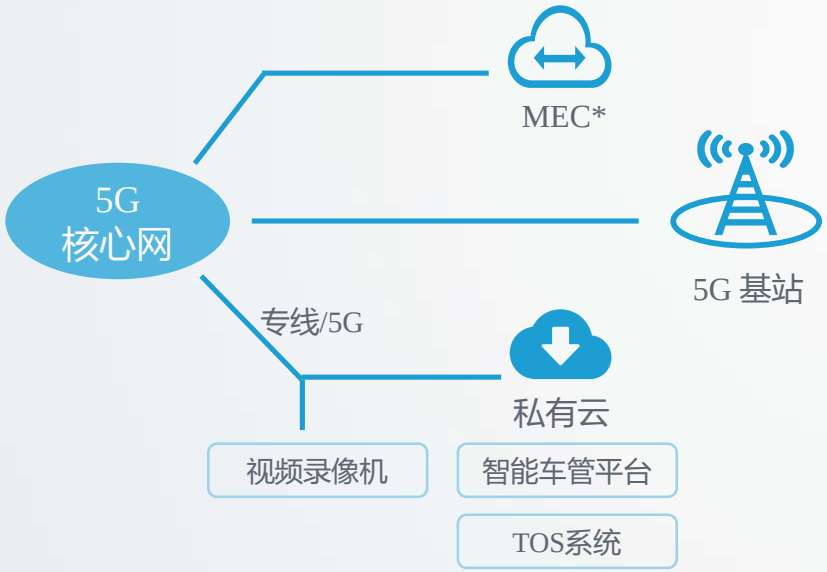
 资料来源：根据《5G智慧港口实施方案及技术路线图》，亿欧智库整理。

2.3 新技术影响

The effects of new technology

5G通信凭借超大带宽、超低时延、多连接数特性将支持港口自动驾驶集卡应用

◆ 移动边缘计算（MEC*）、5G基站、5G专线连接5G核心网构成港口5G通信网络架构。5G通信的超大带宽可支持多路移动高清视频回传，超低时延可实现高可靠、高实时性的PLC通信，多连接数满足多设备终端连接。**5G通信可满足港口自动驾驶集卡在多传感器融合、视频监控、调度系统、远程控制及车辆编队环节涉及的数据传输需求，帮助港口自动驾驶集卡车队在智能车管系统和TOS系统管理下实现协同作业。**



传感采集

时延：<100ms；带宽：50-100Mbps

- 自动驾驶集卡通过5G将传感器采集到的信息上传至云端网络，实现信息交互，减少行为决策和路径规划的时间。

视频监控

时延：<200ms；带宽：上传30Mbps、下载1Mbps

- 车管平台利用5G超大带宽，对自动驾驶集卡行驶路线进行实时监测。车端也可以通过5G网络向远端控制台发送视频画面。

调度系统

时延：<100ms；带宽：50-100Mbps

- 车辆管理平台通过5G发送作业指令至港自动驾驶卡车。自动驾驶卡车在获得相应指令后，可实现码头内任意两点间的水平移动。

远程控制

时延：<30ms；带宽：0.05-0.1Mbps

- 自动驾驶集卡通过5G向远端控制台发送车辆当前状态信息，可在极端天气、系统卡死等特殊状况下实现对集卡的远程控制。

车辆编队

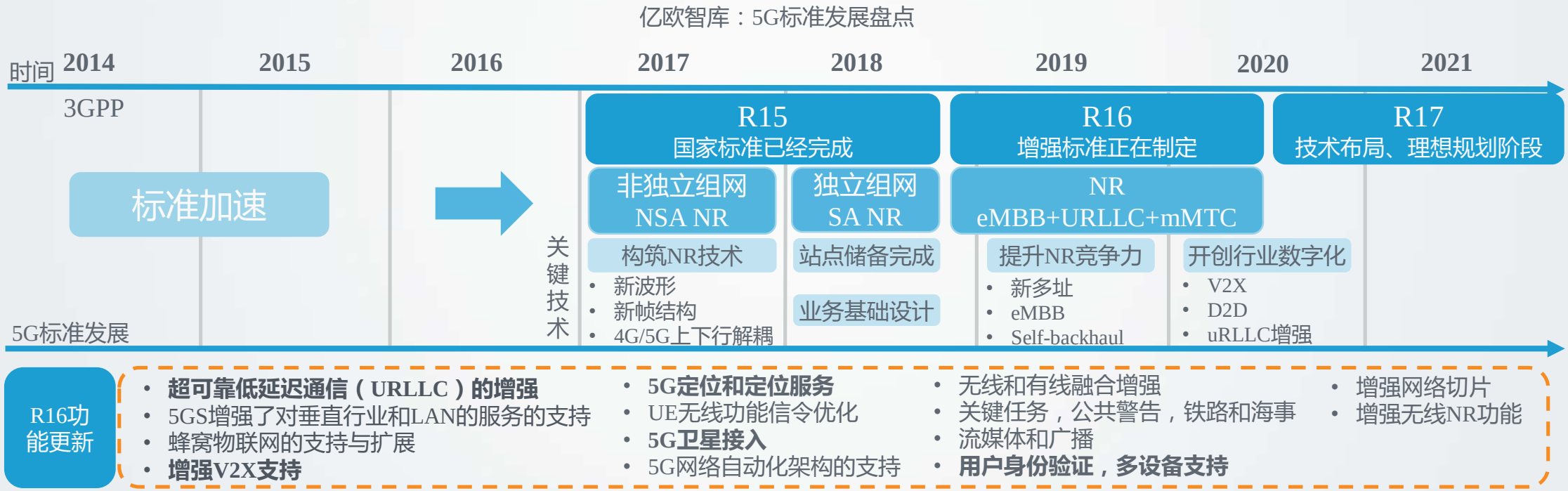
时延：<25ms；带宽：0.25-65Mbps

- 依托5G超大带宽，多连接数的特性，实现自动驾驶集卡车队内数据交互，以车队编组完成作业及行驶任务。

资料来源：根据华为智慧港口解决方案、《5G车联网十大产业化趋势》，亿欧智库整理。
*注：MEC—Mobile Edge Computer，移动边缘计算

2020年，5G技术已实现了从“能用”到“好用”，更好地支持自动驾驶相关技术在港口应用

◆ 2020年7月，国际标准组织3GPP宣布R16标准冻结，标志5G第一个演变版本标准完成，该标准围绕“新能力拓展”、“已有能力挖掘”和“降本增效”三方面，提升了5G通信效率，进一步满足自动驾驶应用的需求。**R16标准下5G技术最快可缩短至5毫秒以内的端到端时延，并拥有更高的可靠性，能够更好的满足自动驾驶感知、决策、控制以及协同作业等需求。**



资料来源：根据《5G智慧港口白皮书》、《5G智慧港口实施方案和路线图》，亿欧智库整理。
*注：V2X：车路协同；eMBB：增强移动宽带；URLLC：极可靠低时延通信；mMTC：大规模机器类型通信。

5G发展推动了去中心化的计算和组网方式，MEC+V2X将先一步落地应用

- 当前MEC技术发展适用于V2X，但是仍无法搭载在高等级自动驾驶汽车中。**MEC+V2X智能路侧技术是通过把传感器架设在道路侧，将感知到的实时道路信息与车辆共享，实时进行计算处理，使车辆拥有超远视野感知能力，可以提前预判危险，更换路径规划，减少单车传感器的搭载数量。**因此，为了加快实现自动驾驶商业化应用，MEC+V2X逐渐成为了中国特色的自动驾驶应用道路。

亿欧智库：边缘计算自动驾驶场景应用时间线



亿欧智库：MEC+V2X的优势

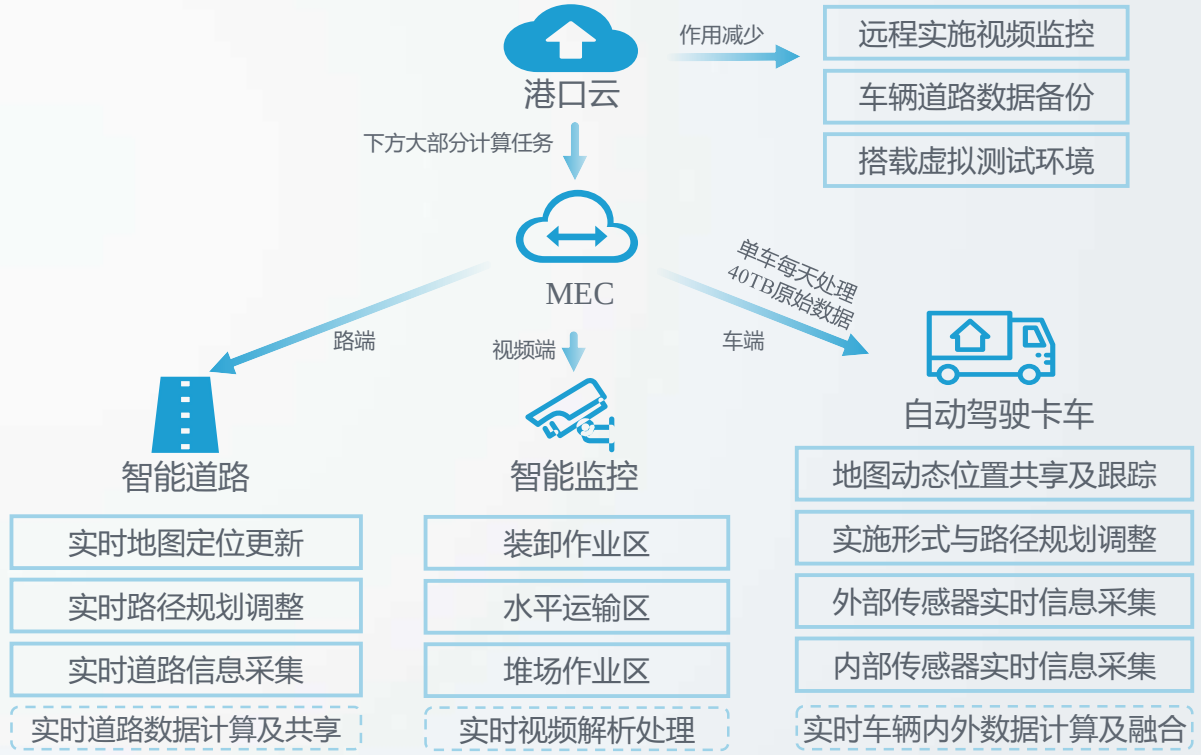
提升安全性
弥补车辆感知盲区，拓展感知范围和距离，有效避免障碍物影响

减少单车成本
可以减少大范围通信铺设费用与单车传感器搭载数量，有效节约成本

加快应用布局
现有的通信技术和感知技术下，MEC结合智能路侧是最快落地应用的方式

提升效率
提前感知路况、进行路径规划，减少事故，有效提高单车工作效率

亿欧智库：MEC+V2X在港口水平运输端的应用

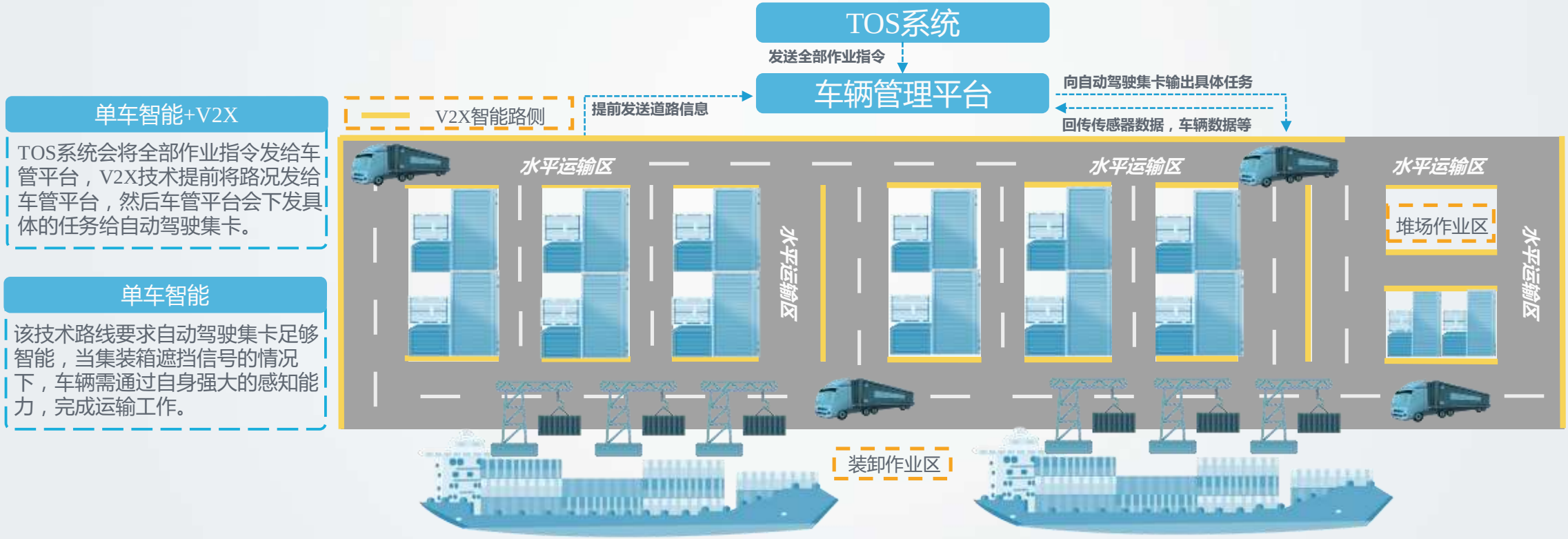


EO Intelligence 资料来源：根据华为智慧港口解决方案、GSMA《5G时代的边缘计算：中国的技术和市场发展》、《5G车联网十大产业化趋势》，亿欧智库整理。

“单车智能+V2X“将成为国内港口主流的自动驾驶水平运输技术路线

- 目前，国内自动驾驶应用的两种主流路线是单车智能、单车智能+V2X。国内多数港口仍采用4G通信技术，单车智能在港口应用的稳定性较差，比如可能受到金属集装箱干扰及移动通信速率不稳定的影响。**单车智能+V2X将降低对通信速率的要求，可以有效减少单车上搭载的传感器数量，降低单车成本。因此，针对港口场景应用，国内自动驾驶企业倾向于采用单车智能+V2X技术路线。**

亿欧智库：单车智能+V2X技术路线平面示意图



EO Intelligence 资料来源：根据何继红《自动化集装箱码头应用技术》，亿欧智库整理。

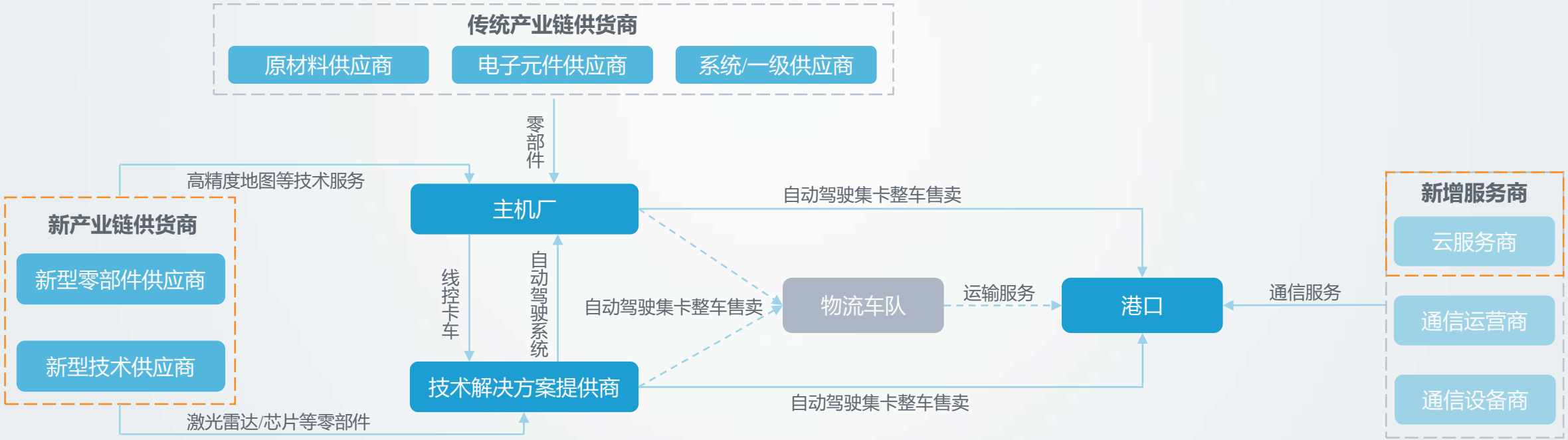
2.4 新型产业链

New industry chain

自动驾驶应用重塑商用车产业链，新生态下数据、软件、服务价值突显

- 传统汽车产业链呈稳固的金字塔结构，从下至上分别是原材料、二三级零部件供应商、一级供应商、主机厂。新兴技术诞生，往往会重构原有产业链链条。**自动驾驶的应用打破传统的商用车供应链边界和体系，形成新的汽车产业生态。**新型零部件和技术的应用使得许多科技企业成为新型供应商，云服务的应用带来更多跨界合作，产业生态更加丰富。**新的产业链下价值发生转移，数据、软件、服务价值突显。**

亿欧智库：自动驾驶商用车产业链（以港口场景为例）



 资料来源：亿欧智库整理。

自动驾驶港口应用产业图谱

上游企业

感知层

HESAI · 禾赛科技 · RoboSense · LIVOX · Continental · Velodyne · 木牛科技 · INNOVIZ · BOSCH · Autoroad · Omni Vision · Autoliv · 智波科技 · MINIEYE · MAGNA

决策层

NVIDIA · 地平线 Horizon Robotics · Cambricon 寒武纪 · XILINX · SEMIDRIVE · 森国科 · intel · HISILICON · Baidu 百度 · MINIEYE · 魔视智能 · ALLWINNER

控制层

KYB · BOSCH · JTEKT · Continental · ZF · ITECH · 同驭汽车科技 · nexteer

高精度地图、 高精度定位

NAVINFO 四维图新 · 宽·凳 KUANDENG · 千寻位置 Qianxun SI · FORTUNETONE 福位高通 · 北斗星通 · 星网宇达 StarNeto

应用层

技术解决方案商

tu simple 图森未来 · TRUNK 主线科技 · WESTWELL 西井科技 · SENIOR 斯年智驾 · 畅行智能 plugo · 智加科技 · 经纬恒润 JINGWEI HIRAIN · AUTOBRAIN · 中科云杉

主机厂/机械设备商

一汽解放 · 东风商用车 DONGFENG TRUCKS · 中国重汽 SINOTRUK · SANY · Wisdom Motor · 江铃重型汽车有限公司 JMC HEAVY DUTY VEHICLE CO., LTD. · GEELY COMMERCIAL VEHICLES · ZPMC · 陕西重型汽车有限公司 SHAANXI HEAVY DUTY AUTOMOBILE CO., LTD · 上汽红岩 HONGYAN · BYD

场景方

港口企业

山东港口 SHANDONG PORT · 青岛港 Qingdao Port · 天津港集团 · 曹妃甸控股集团 CAOFEIDIAN HOLDING GROUP · TSPGC · SIPG · 上港集团 · 和记港口 盐田国际 · 宁波港股份 · 招商局港口控股有限公司 CHINA MERCHANTS PORT HOLDINGS COMPANY LIMITED · 厦门港务控股集团有限公司 XIAMEN PORT HOLDING GROUP CO.LTD

通信连接服务商

云服务商

阿里云 · 腾讯云 · 百度智能云 · HUAWEI · 华为云

通信运营商

中国移动 China Mobile · 中国电信 CHINA TELECOM · China unicom 中国联通

通信设备商

HUAWEI · ZTE 中兴

2.5 商业化应用评价体系

Evaluation system of the commercialization

自动驾驶集卡商业化应用评价体系

- **本报告的商业化评价体系将讨论自动驾驶集卡在港口商业化应用的时间拐点及市场规模。**亿欧智库将从政策层面、需求层面（港口）和供给层面（自动驾驶集卡提供方），对自动驾驶集卡在港口商业化应用的时间拐点及市场规模做出预测。
- 自动驾驶集卡港口的商业化应用受多因素影响，亿欧智库在此评价体系中仅选取最直接相关的指标（如政策完善度、成本收益对比情况、终端应用需求迫切程度、场景技术实现难易程度和产品生产成本等），其它商业化应用可能影响因素详见附录。

亿欧智库：商业化应用评价体系



需求层面

- 亿欧智库将影响需求层面的主要因素归结为采用自动驾驶集卡的成本收益对比情况和需求迫切程度。
- 研究发现：大港口已经开始布局自动驾驶集卡；中小港口或将受制于自身资金压力，难以承担投入成本。

政策层面

- 汽车自动化发展战略、智能汽车标准体系建设及港口智慧化、绿色化发展规划将促进自动驾驶集卡在港口商业化应用的发展。

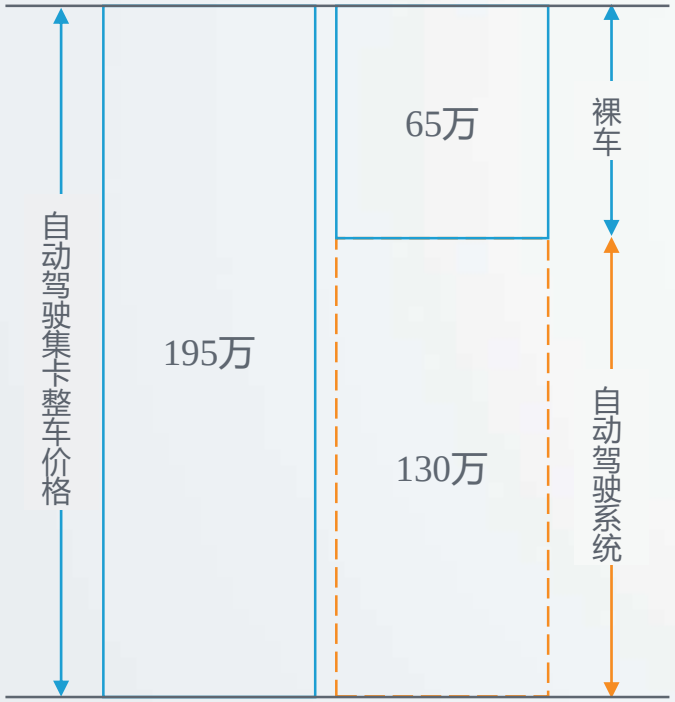
供给层面

- 亿欧智库将影响供给层面的主要因素归结为技术难易程度与成本高低。
- 研究发现，供给方已实现在单一港口应用自动驾驶集卡所需技术，但未达量产的硬件成本和车端成本致使目前自动驾驶集卡单车成本高。

需求方成本收益对比：自动驾驶集卡初始投入高于传统燃油集卡且存在潜在间接成本

- **在当前情况下，港口购置自动驾驶集卡的直接成本为195万，**远高于传统燃油车的购置费用。
- 当自动驾驶集卡替换传统燃油车时，虽节省了人力成本和能源成本，但辞退职工可能会涉及补偿费用，同时原有燃油车的废弃或转卖也会产生相应的处置费用。
- 此外，港口场景不同于公共道路，具有特殊的标志标识，在自动驾驶集卡应用上可能产生额外的场景改造费用。

亿欧智库：港口采用自动驾驶集卡成本



购置成本

- 港口采用自动驾驶集卡的直接成本体现在初始的购置成本上。根据专家访谈获悉目前自动驾驶集卡的单车价格为195万（如左图所示）。假设一个中小港口所需生产用集装箱卡车为100量，则购置自动驾驶集装箱卡车的初始成本将达到1.95亿元。

其他成本

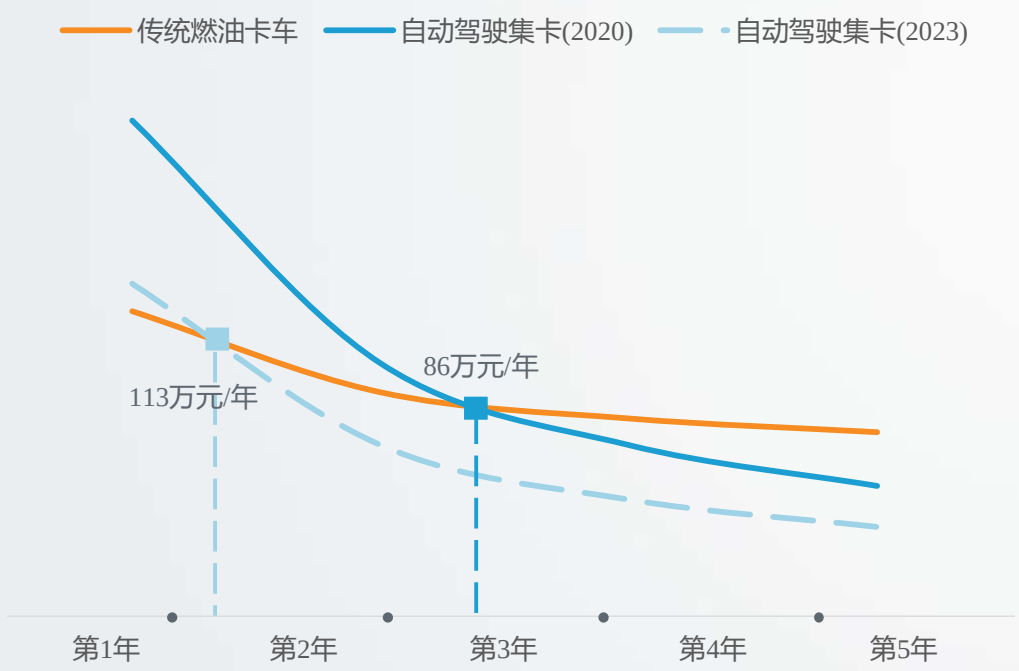
- 原有柴油车处理成本：普通柴油集装箱卡车设计使用年限为10年，假设中小港口生产用100量集卡剩余的总使用年限为500年，则剩余价值为3250万元。若按剩余价值的80%转卖则将产生650万元的损失。
- 人员解雇费用：自动驾驶集装箱卡车的应用可能会造成港口的劳动力剩余，辞退员工可能会产生一些额外的成本。
- 场景改造费用：自动驾驶集卡的应用可能会对原有的指示牌进行更新，或设立新的指示牌。

 资料来源：亿欧智库整理。

需求方成本收益对比：当前价格水平下，自动驾驶集卡投入第三年成本与传统燃油集卡持平

- 亿欧智库预测，**至2023年，自动驾驶系统成本的下降将导致整车价格下降至130万元/辆**（详见2.6中对商业化时间拐点研判）。通过对比传统燃油卡车和自动驾驶集卡年平均成本*，**当前价格水平下自动驾驶集卡在投入使用的第三年将与传统燃油卡车成本相当。**
- 传统燃油车与自动驾驶集卡（2020）年平均成本曲线相交于1.2年，对应累计成本约136万元；传统燃油车与自动驾驶集卡（2023）年平均成本曲线相较于2.4年，对应累计成本约206万元。

亿欧智库：自动驾驶集卡年平均成本分析*



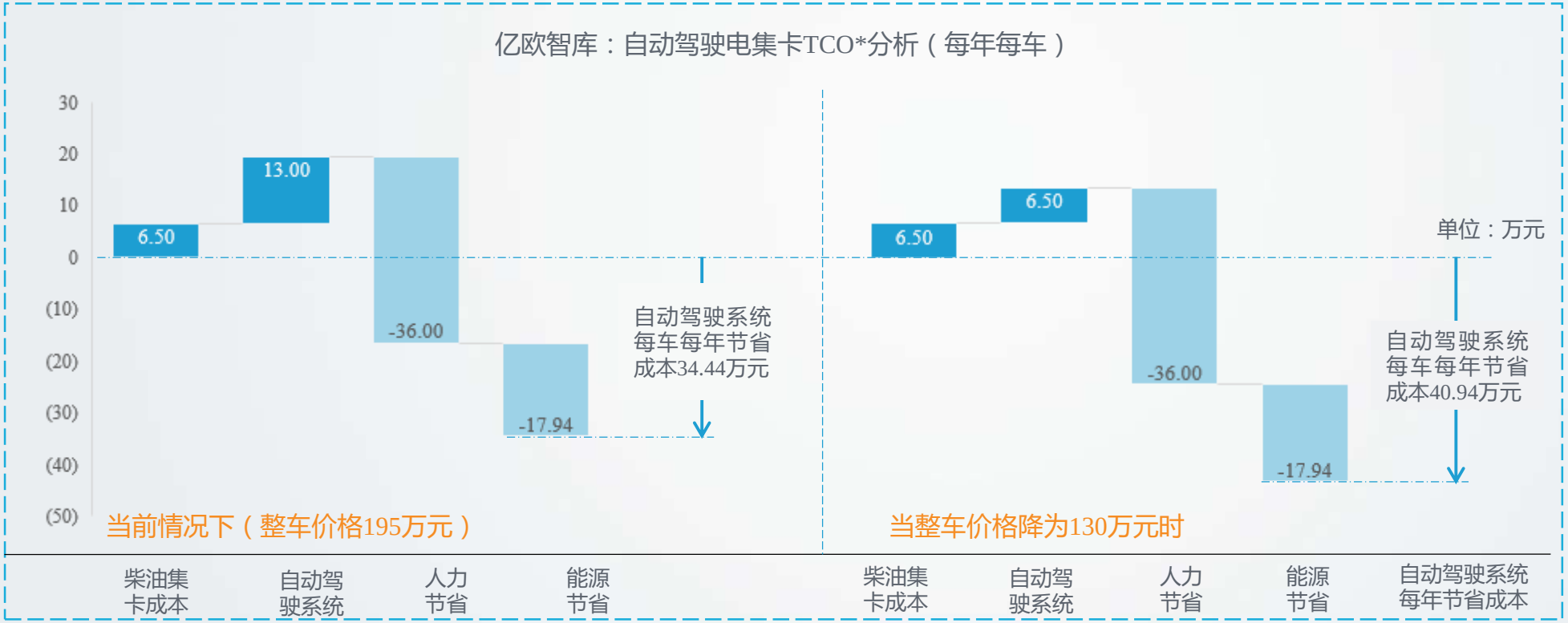
亿欧智库：传统燃油卡车、自动驾驶集卡全生命周期成本分析（万元）

累计使用成本	传统燃油卡车	自动驾驶集卡(2020)	自动驾驶集卡(2023)
整车价格	65	195	130
使用后，购置、人力成本和能源成本			
第一年	124	200	135
第二年	183	206	141
第三年	243	211	146
第四年	302	216	151
第五年	361	221	156
第六年	420	227	162
第七年	479	232	167
第八年	539	237	172
第九年	598	242	177
第十年	657	248	183

资料来源：亿欧智库整理。
*注： 年平均成本=累计使用成本/已使用年数； 如右图所示，累计使用成本=购置成本+投入使用后运营所需人力和能源成本。

需求方成本收益对比：相较传统燃油集卡，自动驾驶集卡将节省人力与能源成本34.44万元/年/辆，降本效果显著

- 亿欧智库认为，自动驾驶集卡将从**人力成本和能源成本**两个方面节省港口运营成本。
- 首先，亿欧智库认为自动驾驶技术的本质与工业机器人类似，即**通过技术来替代实际的劳动力**。经计算，每辆自动驾驶集卡将节省人力成本36万元/年。其次，从燃油车到电动车，自动驾驶集卡在港口将节省能源成本17.94万元/年/辆。
- **在当前价格（195万元）下，自动驾驶集卡可以节约34.44万元/年/辆；当价格降为130万元时，自动集卡可以为港口节约40.94万元/年/辆。**



核心假设：

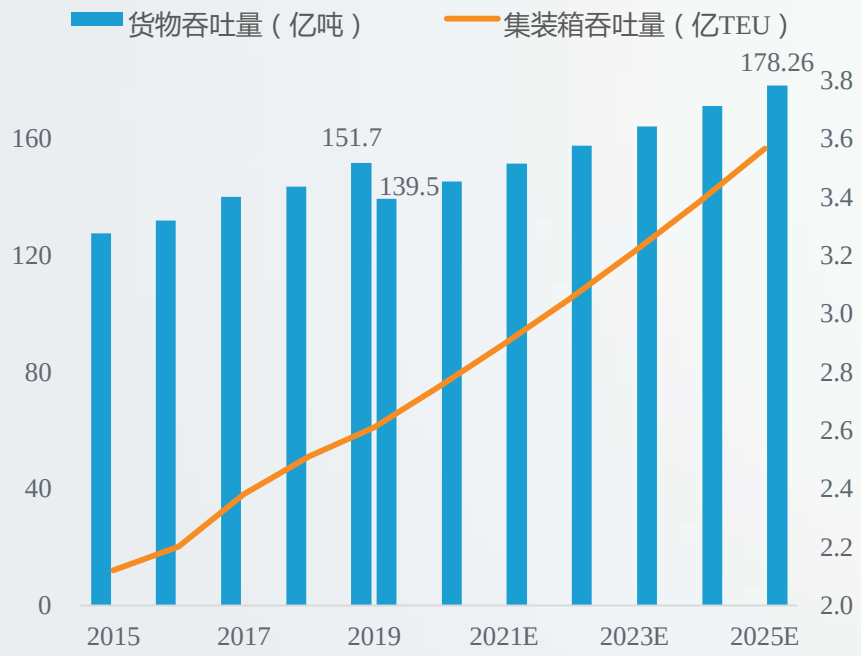
1. 亿欧智库认为车辆折旧年限为10年：理论上，自动驾驶算法会优化驾驶策略与驾驶路径、，自动驾驶将有效提升作业效率，减少维修成本，增加车身使用寿命。但由于数据采集等客观原因，亿欧智库预估车辆折旧年限约为10年。
2. 在人力成本测算上，亿欧智库假设港口运营集装箱卡车采用三班倒的形式，且人均人力成本为12万元/年*。
3. 在能源节省测算上，亿欧智库假设港口年平均运行里程为9.7万公里，平均百里耗油量为45L/100km，柴油价格为5.3元/L。电动集卡每百里耗电量为67.75kwh/100km，电价位0.8元/kwh

资料来源：亿欧智库整理。
*注：1）TCO全称Total cost of ownership；2）人力成本数据系根据专家访谈及港口司机招聘公开信息综合得出。

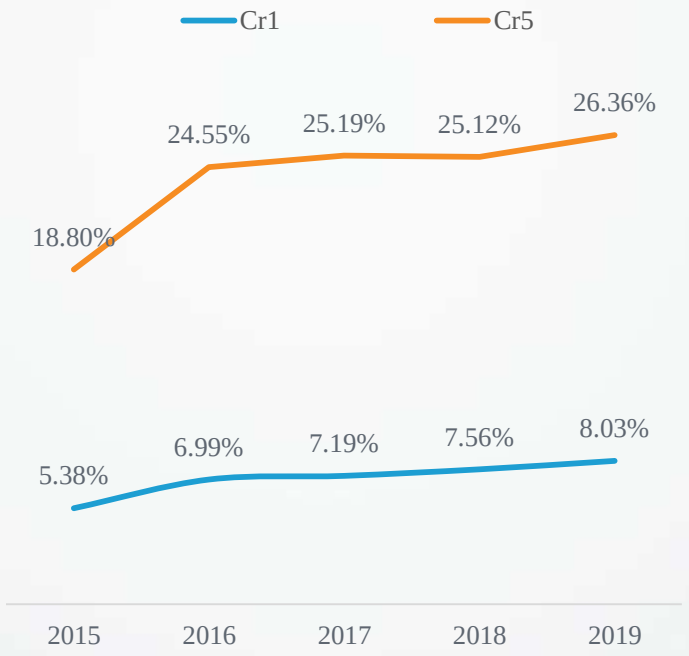
需求方迫切度：港口装卸业务增长平稳，行业集中度提升，头部企业纷纷布局自动驾驶集卡

- 2015-2019年港口总吞吐量增速小幅增长，年化增长率为4.2%。按当前情况推测，至2025年，中国港口整体吞吐量将增长至178.26亿吨。
- 2015-2019年港口业务向大港口集中，行业前5名港口吞吐量集中度从18.8%提升至26.36%，导致中小港口业务竞争加剧。
- 在布局自动驾驶集卡的11家港口企业中，8家为上市企业，大多以小范围试运营为主。
- **综上所述，盈利水平更高的企业更有能力承担采用自动驾驶集卡的前期投入，中小港口采用意愿或将受到本身盈利能力影响。**

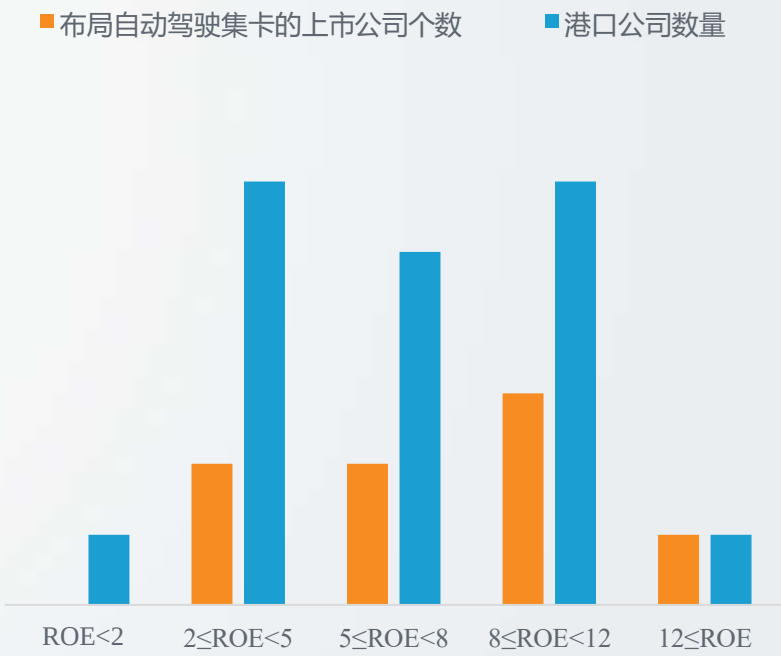
亿欧智库：港口吞吐量



亿欧智库：港口行业集中度



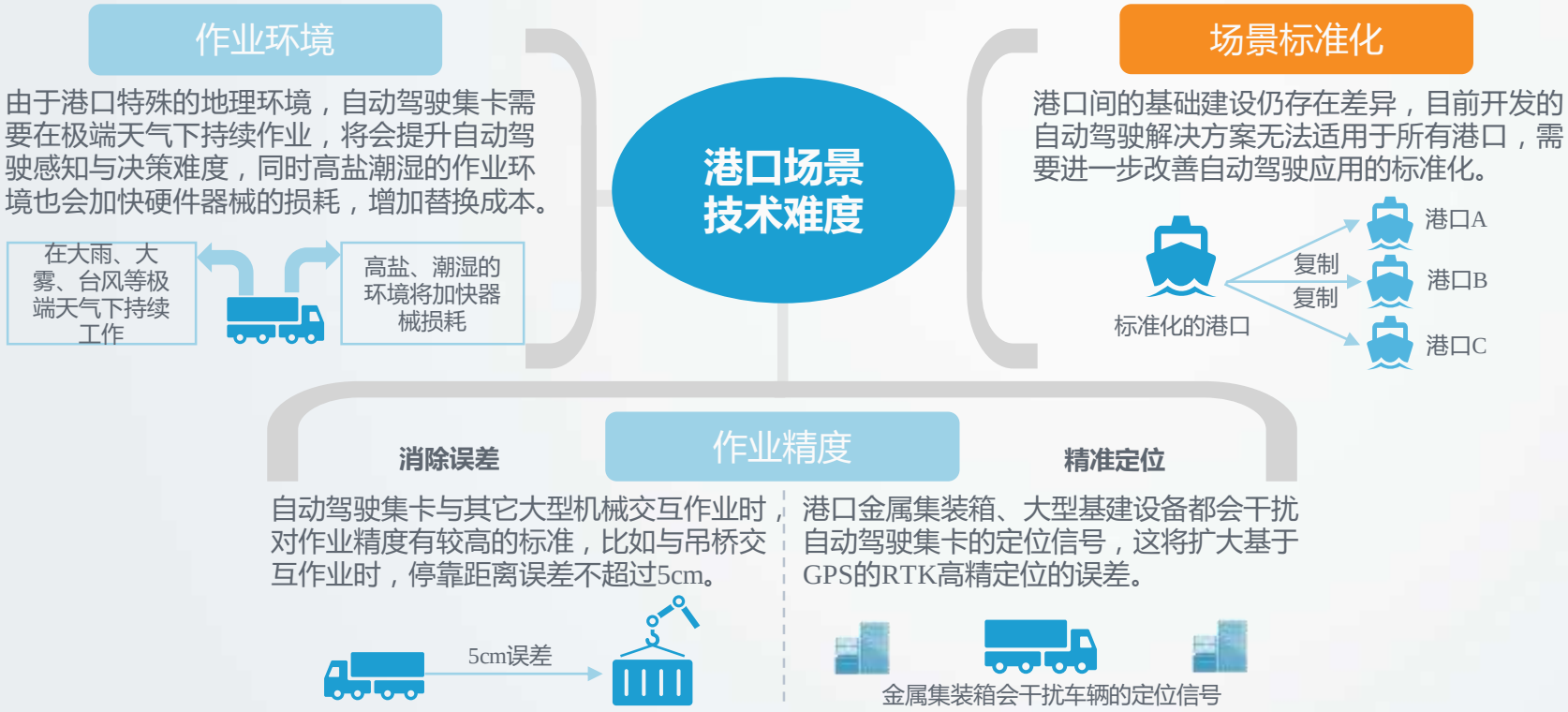
亿欧智库：各净资产收益率水平下港口上市公司布局自动驾驶集卡情况



数据来源：交通运输部、Choice，亿欧智库整理。
注：由于统计口径更改，2019年对应两个吞吐量数据。左侧数据151.7为按可比同比增长推测数据，右侧数据139.5为统计口径更改后实际数据。

供给层面：港口场景标准化程度不足与硬件成本高是自动驾驶集卡商业化的主要制约因素

- 自动驾驶技术在港口作业的技术难点在于作业环境特殊、作业精度要求高和场景标准化程度低。基于自动驾驶集卡在港口测试和试运营的现状，作业环境与作业精度的问题已取得一定程度的解决，**制约港口自动驾驶集卡商业化应用的主要原因是场景的标准化程度不足**。当前自动驾驶解决方案提供商与各个港口的合作还处在定制化开发的阶段，距离标准化生产尚需时日。
- **传感器（如激光雷达）、车端（线控平台）等硬件成本是自动驾驶标准化生产的主要制约因素。**



硬件

- 在感知层，制约硬件成本无法下降的产品包括激光雷达、多目摄像头等。以激光雷达为例，Velodyne激光雷达64线价格近8万美元，16线激光雷达也要达到4000美元。以上汽红岩自动驾驶集卡为例，单车要搭载3个激光雷达。且在港口高盐作业环境下，机械式激光雷达将加快磨损，平均每年折旧金额达到6000美元（合人民币约4.2万元）。
- 现存的解决方案有棱镜式激光雷达和固态混合式激光雷达等，但目前还只是样品。也有解决方案将激光雷达与摄像头前端融合（Aeye-iDAR），进一步降低成本。

车端

- 对于解决方案提供商来讲，车端的价格也是一个制约因素。由于自动驾驶系统搭载的车型尚未实现量产，部分解决方案提供商会选择与主机厂合作定制车辆，在未起量之前，单位成本难以降低。

 资料来源：根据专家访谈，亿欧智库整理。

2.6 商业化时间拐点及市场规模

The turning point of commercialization and market scale

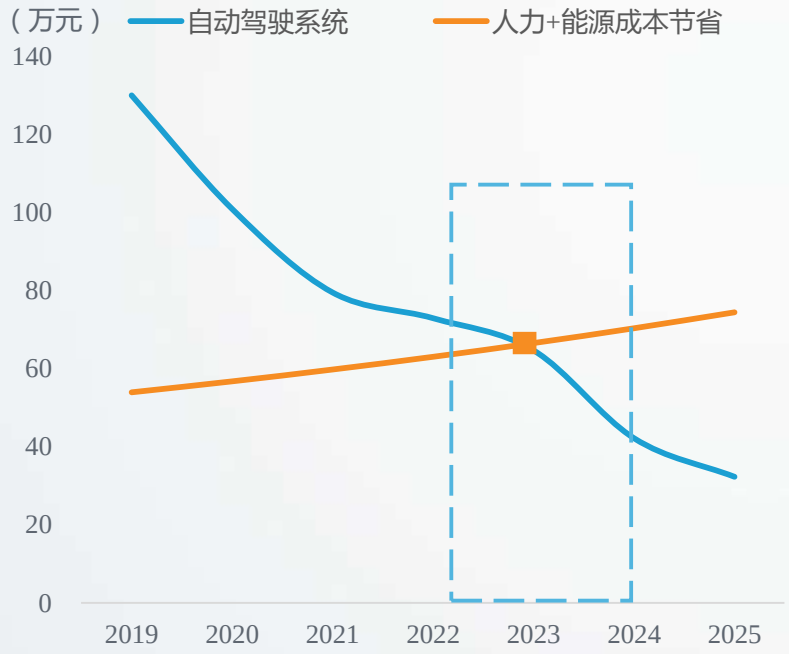
商业化时间拐点：亿欧智库预测，自动驾驶集卡在港口的商业化应用将在2022-2024年之间实现

- 随着技术成熟，整个自动驾驶系统的成本会迅速下降。根据定量分析的结果到2023年，自动驾驶系统成本将降至约65万人民币，与港口愿意支付的溢价相同。根据对政策层面、需求层面、供给层面的定性判断，亿欧智库认为自动驾驶集卡在港口的商业化或将早于定量判断的结果（2023年），**预计将在2022年-2024年间达到商业化应用时间拐点，进入商业化应用阶段。**

亿欧智库：中国自动驾驶集卡商业化时间研判

核心假设：

1. 按照国家统计局2014-2019年交通运输、仓储和邮政业其他单位就业人员平均工资数据得出5年工资平均增长水平为7.7%；
2. 在目前的时间节点，各解决方案业务仍处在利润微薄的阶段，自动驾驶价格将完全反映其单车平均成本；
3. 自动驾驶技术为港口带来的运营成本（人力和能源）的降低是港口愿意支付的溢价；
4. 当自动驾驶系统成本与港口愿意支付的溢价持平时，解决方案业务将达到运营盈亏平衡点。在这一点后自动驾驶系统价格将保持不变，但成本可或可继续下降。

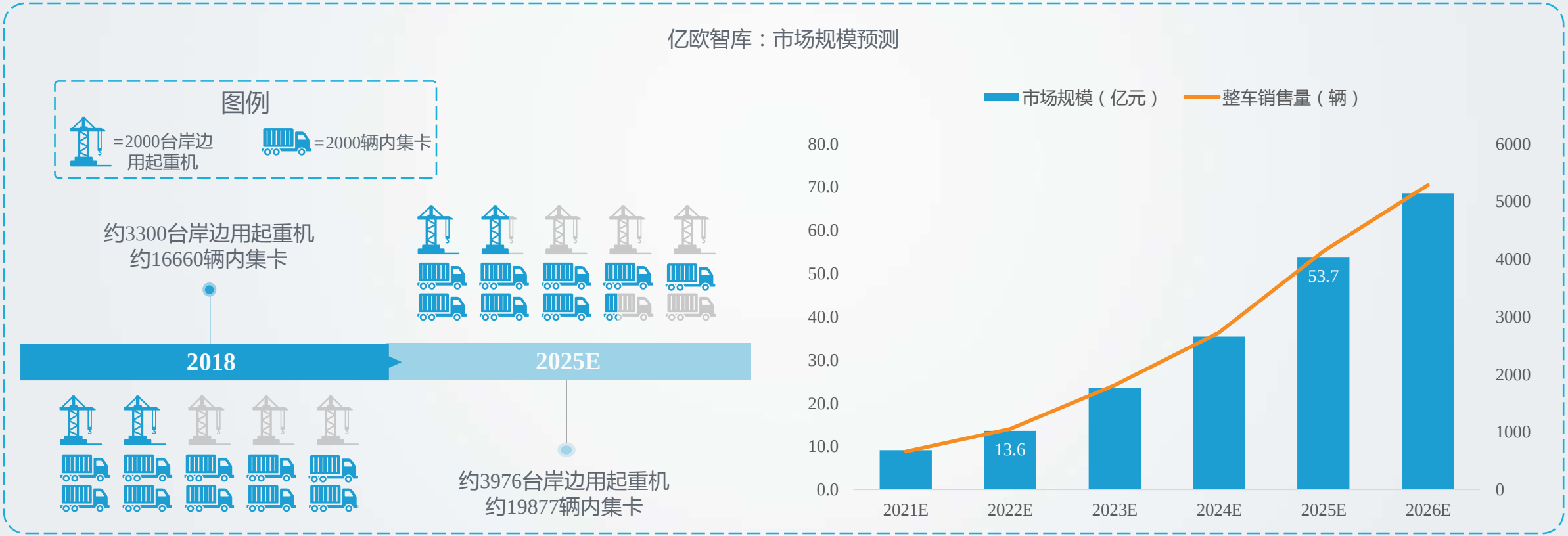




 数据来源：根据国家统计局，亿欧智库整理。

市场规模：港口装卸业务增长平稳，预测至2025年，全国港口自动驾驶集卡销售额将达到53.7亿元

◆ 稳定增长的港口吞吐量将直接作用于自动驾驶集卡终端应用市场的需求。按照岸桥与内集卡数量1:5配比，**预测至2025年我国港口将需约16660辆内集卡（包括普通燃油集卡和自动驾驶集卡）**来满足港口内的运输需求。**预测在2025年，将有4141量自动驾驶集卡港口普通燃油内集卡，港口自动驾驶内集卡采购额达到53.7亿元。**同时，随着成本的进一步下降，企业的盈利将进一步提升。



数据来源：根据中国港口统计年鉴，亿欧智库整理。

Part3. 中国自动驾驶港口场景未来发展

The future development of autonomous driving at ports in China

3.1 发展建议

Suggestions

港口场景商业化拐点将至，“四化”成就解决方案商主导地位

◆ 根据预测结果，港口场景将在2022-2024年间到达商业化应用拐点，技术解决方案提供商为了在港口场景获得主导地位，需在技术层面融入港口作业流程，解决场景落地剩余1%的技术难点；需在产品层面实现技术模块、流程的标准化，提升产品在不同港口的快速复制能力；需在合作层面加强资源整合能力，提高自身在上下游的话语权；在商业层面需制定清晰的差异化商业模式，拓宽港口市场。



斯年智驾：势如破竹的自动驾驶港口新玩家，全栈技术及创新代运营模式助添后发优势

◆ 斯年智驾成立于2020年年初，其团队能力覆盖全栈技术解决方案，包括环境感知、建图定位建图、规划控制、智能硬件及边端云协作等。目前，斯年智驾的四辆无人集卡已通过大榭码头的考核及专家评审，并进入到全场混流测试中，预计在2020年11月将参与到日常运营中。斯年智驾将采用创新代运营的商业模式，助力自动驾驶集卡商业化应用。

亿欧智库：斯年智驾在大榭码头的落地情况

- 大榭码头对自动驾驶集卡进入作业的要求很高，自动驾驶集卡需要通过一系列测试考核，才可以参与码头的日常运营。斯年智驾仅用4个月的时间通过全部考核科目，完成了专家评审。



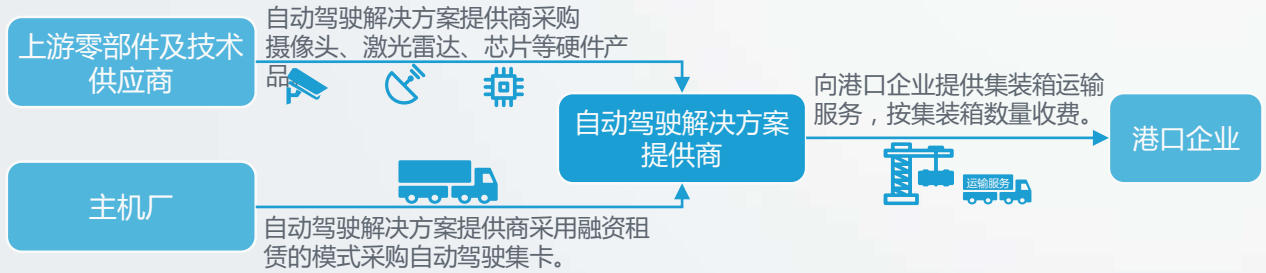
亿欧智库：斯年智驾三大核心优势

1 高精度定位
- 精确的全局定位：通过结合GNSS、IMU、轮速、激光动静态定位、视觉语义推出的多重融合解决方案；
- 精准对位：结合精准层级式对位技术和厘米级的控制技术，可实现高精度港口作业（±2cm）。

2 安全的环境感知
- 斯年智驾采用深度学习和传统计算机视觉结合的策略，对多传感器的数据进行特征融合，完成障碍物检测、跟踪、测距及测速，确保360度无死角感知。

3 边-端-云协作
- 云控平台：可实时监测单车状态，及时处理紧急状况，优化作业流程；
- 运营大数据平台：可实时回收单车状态、作业情况、接管数据和故障状态，持续优化自动驾驶系统及中控调度算法。

亿欧智库：斯年智驾采用的代运营商业模式



- 目前落地测试的自动驾驶集卡仍需配置安全员，没有真正实现成本下降。同时，港口企业考虑到风险责任划分，对于是否取消安全员的问题较为谨慎。
- 在代运营模式下，解决方案提供商承担了更多责任，但同时也拥有更多主动权。同时，港口无需购置大量固定资产，能够提升港口应用自动驾驶的需求。
- 解决方案提供商可以采用融资租赁的模式弥补自身资金不足的缺陷，从而降低现金流压力。

 资料来源：根据斯年智驾提供的资料，亿欧智库整理。

主机厂有多年积累的港口资源，雄厚的资金储备，布局自动驾驶港口场景具有先天优势

- 大型主机厂具有正向开发的生产能力，多年积累的行业资源，丰厚的资金储备，可以采用收购自动驾驶技术解决方案提供商的方式，不仅节约自研的时间成本，还可以形成“自产自销”的商业模式，助力稳固其行业地位，提升整体竞争力。而小型主机厂可以采取与自动驾驶解决方案提供商合作的模式，既满足了销售车辆的诉求，也开拓了其新业务的发展。

正向开发

主机厂的整车生产制造能力使其在自动驾驶集卡生产上具备正向开发和前装制造能力。

港口资源

许多主机厂长期为港口提供集卡车辆，形成了良好的合作关系。因此，主机厂会享有优先合作权。

资金储备

主机厂有雄厚的资金储备，前期可以采用薄利或者负利的方式抢占大型港口资源，形成标准后，快速复制到其它港口。



自研、收购

主导地位

- 利：自动驾驶发展中保持行业主导地位；把握自动驾驶技术的定价权
- 弊：自研及收购均需要高昂时间和资金成本

合作

车辆提供商

- 利：资金投入少，实现业务增长
- 弊：失去其行业内的主导地位；作为供货商有失去定价权的风险

上汽红岩：“自研技术+正向开发”构建核心竞争力，强大资源整合能力加速自动驾驶集卡商业化应用

- 上汽红岩作为传统主机厂代表，自2017年起着手布局智能网联商用车。上汽集团多年来通过自研、收购等方式储备自动驾驶技术，利用主机厂正向开发优势进行自动驾驶集卡开发、制造，强调5G与自动驾驶技术的融合，促进自动驾驶集卡在港口的落地应用。此外，上汽红岩联合上港集团和中国移动，实现强强联合、资源互补，协同推进自动驾驶集卡商业化应用。

亿欧智库：上汽红岩在上海洋山深水港的落地情况



2019.08.29	2020.07.18	2020.09.09	未来3-5年
首次5G+AI智能化港区作业，成功实现示范运营	启动准商业化运营，参与带箱作业	新增7辆自动驾驶集卡，总落地车辆达15辆	实现大批量真正智能驾驶的作业环境

亿欧智库：上汽集团港口合作联盟



上汽集团自动驾驶技术储备

感知层

- 与Mobileye签署战略合作，上汽红岩自动驾驶集卡搭载Mobileye最新机器视觉芯片。

决策层

- 与TTTech签署了合资经营合同，成立合资公司，自主研发基于机器视觉的车规级自动驾驶域控制器iECU。

控制层

- 控股中海庭，获取地图采集生产资质，为上汽集团打造高精度地图。
- 开发电控底盘和LNG+AMT动力总成的集成和控制技术。

主要搭载技术

- 激光雷达
- 机器视觉
- 人工智能
- 北斗导航
- 5G-V2X车联通讯

主要实现功能

- L4级自动驾驶
- 厘米级定位
- 精准停车（±3cm）
- 与自动化港机设备实现交互
- 自主规划决策最优路线
- 东海大桥队列行驶

 资料来源：亿欧智库整理。

上游企业应制定行业统一标准、与下游头部企业建立深度合作关系，协同解决场景痛点促进自动驾驶商业化应用

◆ 自动驾驶行业商业化应用加速，传统汽车产业链将发生巨变，激光雷达、高精度地图等新兴自动驾驶上游企业将成为未来汽车产业链的核心一级供应商。目前上游存在行业标准缺失、竞争剧烈等状况，混战之中上游企业应尽快合作制定行业统一标准，促进行业规范健康发展；把握商业化前期时机与巨头建立深度合作关系。在产品上实现场景适配，协同促进场景商业化落地。

行业特点

行业发展初期，标准混乱不一

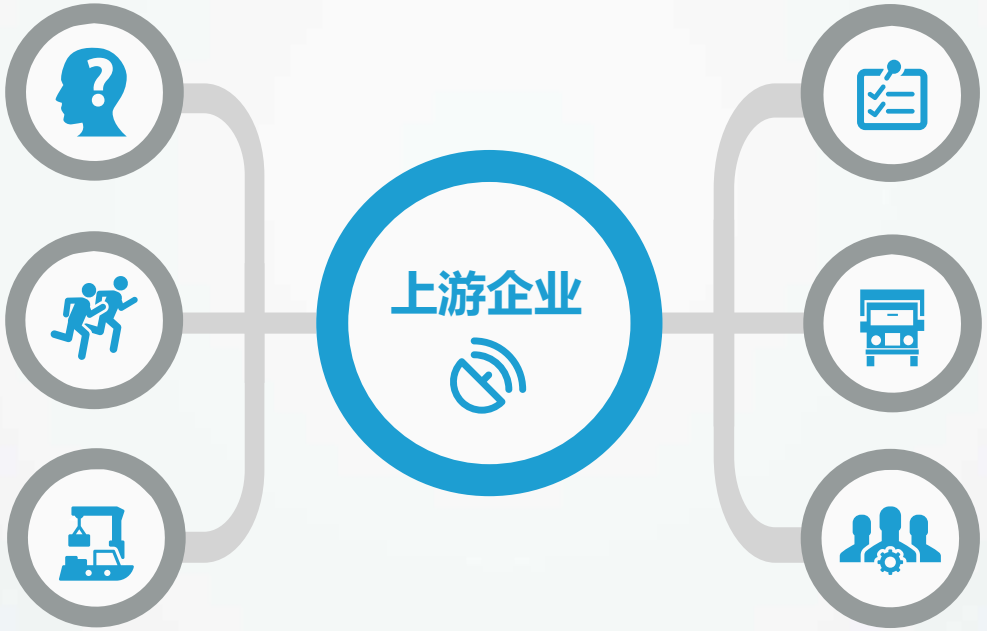
自动驾驶上游技术产品处于发展初期，缺乏规范技术及产品的行业标准文件，行业内产品质量标准不统一。

行业竞争剧烈，但供应关系稳定

自动驾驶上游各领域多方混战，竞争剧烈，但供应关系一旦形成后将趋于稳定，主机厂和技术解决方案提供商不会频繁更换供应商。

下游应用决定上游生产规模

自动驾驶上游产品最终将搭载在下游的自动驾驶汽车上，下游应用需求制约上游生产规模，若下游需求较小，上游难以通过量产摊薄成本。



解决思路

行业内技术、产品标准化

上游企业应积极参与，共同推进行业标准制定，促进业内产品标准化，使行业规范发展。

与下游头部企业建立深度合作关系

上游企业争取在自动驾驶商业化应用初期与下游头部企业建立深度合作关系；商业化拐点之后供应关系变动较少。

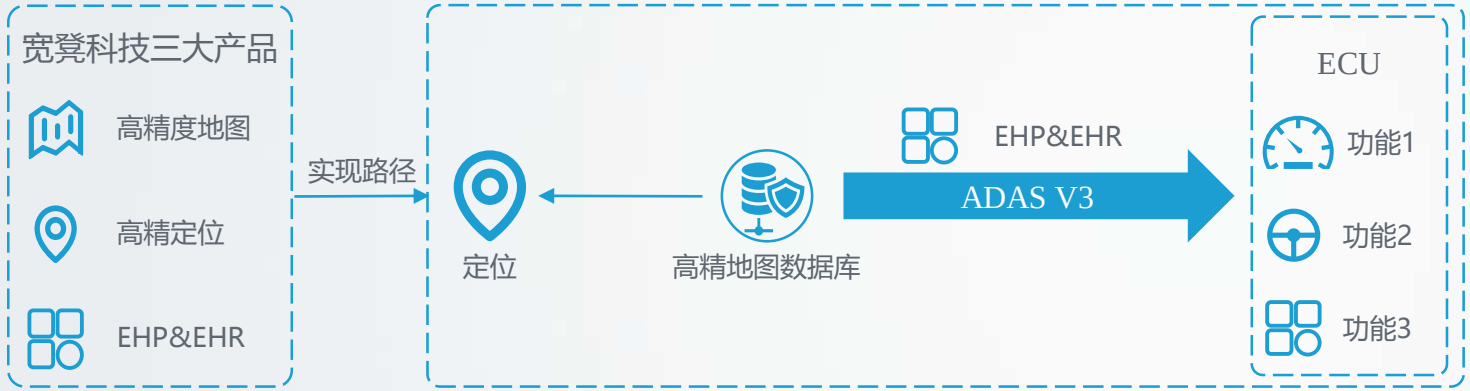
场景为先，协同解决场景痛点

上游企业应与下游企业协同解决场景痛点，根据特定场景需求在产品设计开发上进行适配，共同推进自动驾驶在场景的商业化应用，进而提升对上游产品的需求。

宽凳科技：赋能自动驾驶产业，为港口自动驾驶商业化应用提供高精定位和前装高精地图解决方案

- 宽凳科技专注于为自动驾驶生态链和新基建生态链提供不可或缺的底层数据服务、中层地理信息及定位服务和顶层应用。公司通过搭建众包地图数据云平台，实现高精地图的实时高效更新，并形成地图数据的回流闭环。
- 作为自动驾驶底层的数据和服务供应商，宽凳科技为一级供应商和主机厂提供基础数据、车载定位以及EHP& HER*软件服务。

亿欧智库：宽凳科技高精度地图解决方案



亿欧智库：宽凳科技核心竞争力

1 导航电子地图甲级资质
- 地图测绘属于战略性领域，我国尚未对外开放。港口地理数据涉及国家安全，一些港口会专门与图商合作制图。

2 精准定位
- “重视觉+AI自动化解决方案” 提高定位的准确性、稳定性和鲁棒性。

3 采集设备自研
- 宽凳科技具有自主知识产权，自研采集设备，有效降低高精度地图采集成本，有利于展开规模化生产。

亿欧智库：宽凳科技港口综合解决办法

难点1
- 标志、标线和标牌不同于公路道路，需要自动化处理系统适应

解决方案
- 增加训练集，扩大模型对港口的认知
- 优化模型训练的算法，使自动化生产平台适应港口特殊场景

难点2
- 港口道路不规范，车道级拓扑关系表达难

解决方案
- 通过自动化方式完成车道级拓扑
- 升级现有自动化算法对新场景的适应，用以生成港口复杂的车道拓扑关系

难点3
- 设备与集装箱对GPS造成影响，对采集和成图的效果造成影响

解决方案
- 使用高精度的惯导设备来补充地图采集
- 通过组合惯导的算法来提升精度
- 多次采集降低高精度采集资料误差

资料来源：根据宽凳科技提供的资料，亿欧智库整理。
*注：EHP (Electronic Horizon Provider), EHR (Electronic Horizon Reconstructor)。

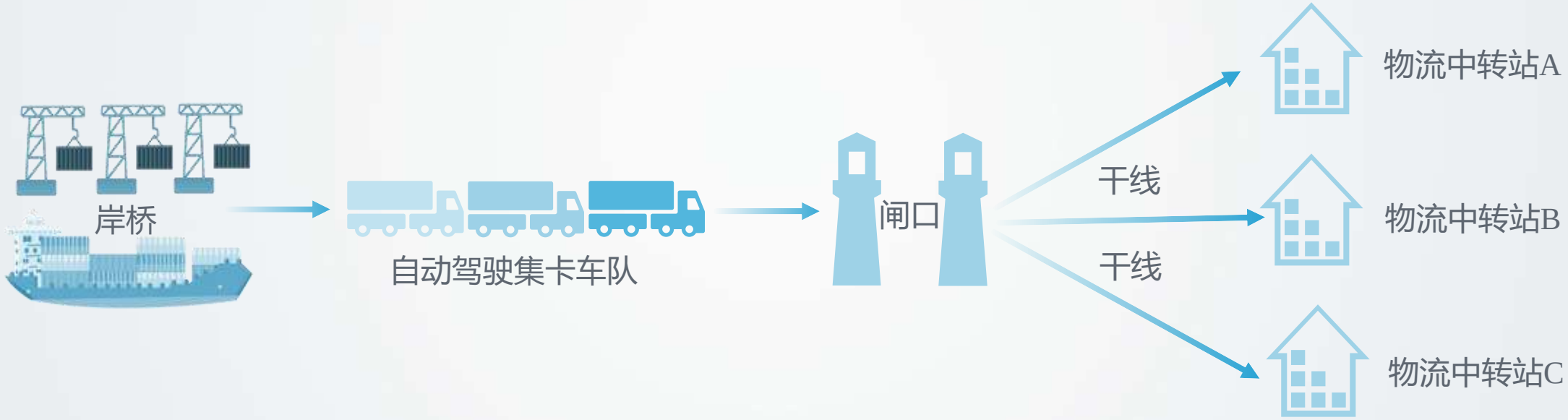
3.2 未来展望

Prospects

打造港口+干线的“一条龙”运输模式，取消港口内外集卡之分，直接从岸桥运往目的地仓储区

- 港口是重要的物流枢纽，在新基建及相关政策的加速推进下，智慧港口及智慧道路也将加速建设。因此，**伴随港口智慧化提升，自动驾驶集卡将取消内外之分，堆场的作用会持续减弱，将形成从货轮至目的地仓储区的“一条龙”服务**。由此可见，自动驾驶集卡有巨大的市场前景，布局港口自动驾驶集卡至关重要。

亿欧智库：港口+干线的“一条龙”运输模式示意图



货轮通过无人岸桥卸货 → 集卡车队通过无人闸口（虚拟海关等） → 直接通过干线物流输往物流中转站

 资料来源：根据主线科技访谈，亿欧智库整理。

为了统一标准，自动驾驶港口相关企业将趋于联盟化，并与其它应用场景联合组成商用车大联盟

- 自动驾驶技术难度高且研发投资大。因此，自动驾驶相关企业为了降低成本、抢占市场，选择以小联盟的方式推进落地应用。联盟内的企业可以提供各自技术优势，有利于资源整合及抢占市场。但是，当一个自动驾驶场景内汇集了多个小联盟，将导致难以制定统一的标准。未来，在自动驾驶港口应用场景下，现存的企业小联盟会逐渐整合为应用场景大联盟—港口联盟，并结合港口的行业规则推出港口场景的统一标准。此外，由于自动驾驶商用车场景的差异性，港口联盟将与其它场景联盟组成商用车大联盟。

亿欧智库：现存三种联盟类型盘点

Waymo联盟

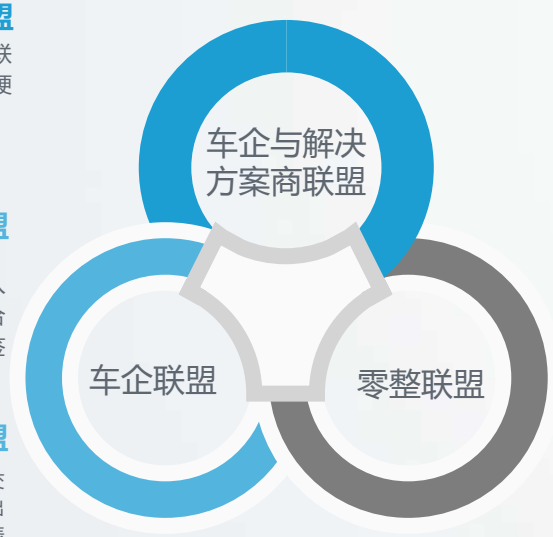
Waymo和车企合作多为单向联盟，联盟中车企承担的角色为硬件供应商，包括雷诺、日产、FAC、捷豹路虎等。

大福联盟

大众与福特全方位合作，均入股Argo AI。此后，双方扩大合作至自动驾驶商用车领域，签署合作协议共同推进商用车。

丰田联盟

丰田作为主导，软银牵头，车企交叉持股。2018年丰田和软银共同出资成立Monet，以本田、日野为代表的诸多车企也入股该公司。



Apollo生态圈联盟

Apollo提供了一个开放的软件平台，其生态合作伙伴联盟包含了130多家车企。2018年，百度和威伯科合作研发4级商用车解决方案。

沃尔沃+Veoneer联盟

2017年沃尔沃与Autoliv组建合资公司Zenuity，随后Autoliv拆分出Veoneer专门和沃尔沃合作，宣布将4级以上的自动驾驶软件开发业务注入沃尔沃体系。

现代+安波福联盟

现代和安波福成立自动驾驶合资子公司Motional。

从企业小联盟转向应用场景大联盟

亿欧智库：未来商用车大联盟预判



附录

Appendix

附录1: 影响自动驾驶集卡在港口商业化的其他可能因素

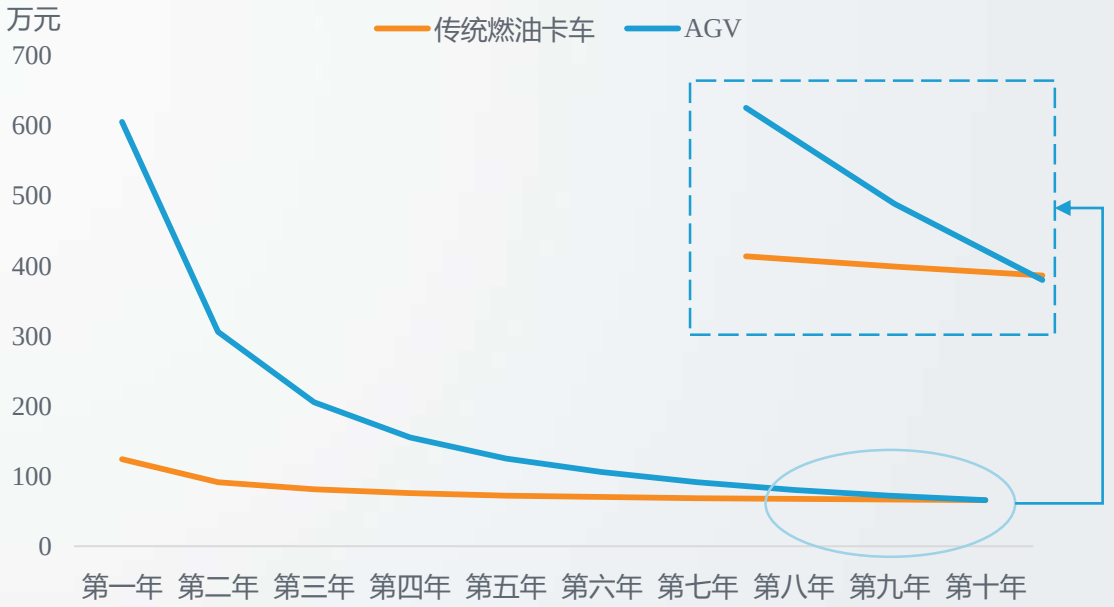
- **董事长任期**：根据申万行业分类显示，目前国内一共有18家港口上市公司，其中17家为国有企业。研究发现，港口集团董事长平均连任周期为2年，超过目前自动驾驶集卡平均成本回收周期，可能影响港口采用自动驾驶集卡的决策。

- **融资租赁**：目前自动驾驶集卡产业链还没有完善，未来融资租赁服务的介入可能会加快港口的应用步伐。以洋山深水港四期为例，AGV成本回收周期虽长达10年，但该港口建设投资主体为同盛集团，无需公司投入过高的自有资金。港口目前以代运营的模式经营，公司拟通过收购来取得相关资产标的。

亿欧智库：2015-2020年，港口上市公司董事长连任情况



亿欧智库：AGV购置成本平均回收周期为10年



 资料来源：根据Choice，亿欧智库整理。

写在最后

- 亿欧智库通过桌面研究及对相关企业、专家访谈后撰写此份报告。本报告以商业化趋势为视角切入，分析自动驾驶港口应用的背景、现状、新技术影响及新型产业链，基于以上分析得出商业化时间拐点、市场规模，并对自动驾驶解决方案提供商、主机厂、上游技术企业三方提出发展建议，并展望自动驾驶港口应用未来发展。
- 在此，感谢所有为亿欧智库此次报告提供帮助和协作的企业、投资人、行业专家，感谢你们的鼎力协助。亿欧智库也将继续密切关注各类新技术、新理念和新应用场景，持续输出更多的研究成果，推动产业创新升级。亿欧智库十分欢迎大家与我们交流，提出您宝贵的意见。
- 以下为致谢名单（以公司首字母排序，不分先后）：禾赛科技、宽凳科技产品VP孙旭、斯年智驾算法VP刘羿、西井科技、主线科技合伙人杨轩；及亿欧汽车、亿欧产业互联网、亿欧1000事业部的各位同事。
- 报告作者：



梁嘉琪 Nico

分析师

Email: liangjiaqi@iyiou.com



陈佳娜 Jiana Chen

分析师

Email: chenjiana@iyiou.com



严方圆 Catherine

分析师

Email: yanfangyuan@iyiou.com

- 报告审核：



由天宇 Deco

亿欧公司副总裁、亿欧智库院长

Email：youtianyu@iyiou.com

团队介绍和版权声明

◆ **团队介绍：**

- 亿欧智库是亿欧公司旗下专业的研究与咨询业务部门。
- 智库专注于以人工智能、大数据、移动互联网为代表的前瞻性科技研究；以及前瞻性科技与不同领域传统产业结合、实现产业升级的研究，涉及行业包括汽车、金融、家居、医疗、教育、消费品、安防等等；智库将力求基于对科技的深入理解和对行业的深刻洞察，输出具有影响力和专业度的行业研究报告、提供具有针对性的企业定制化研究和咨询服务。
- 智库团队成员来自于知名研究公司、大集团战略研究部、科技媒体等，是一支具有深度思考分析能力、专业的领域知识、丰富行业人脉资源的优秀分析师团队。

◆ **版权声明：**

- 本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。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。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的追求但不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映亿欧智库于发布本报告当日之前的判断，在不同时期，亿欧智库可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。亿欧智库不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，亿欧智库对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者可自行关注相应的更新或修改。
- 本报告版权归属于亿欧智库，欢迎因研究需要引用本报告内容，引用时需注明出处为“亿欧智库”。对于未注明来源的引用、盗用、篡改以及其他侵犯亿欧智库著作权的商业行为，亿欧智库将保留追究其法律责任的权利。



亿欧智库

网址：www.iyiou.com/intelligence
邮箱：zk@iyiou.com
电话：010-57293241
地址：北京市朝阳区霞光里9号中电发展大厦A座10层