

2021中国矿区自动驾驶研究报告

The Research of Autonomous Driving in China's Mining Area

亿欧智库 <https://www.iyiou.com/research>

Copyright reserved to EqualOcean Intelligence, April 2021



目录

CONTENTS

Part1. 自动驾驶技术

The Autonomous Driving Technology

Part2. 矿区自动驾驶的应用研究

The Application of Autonomous Driving Technology in Mining Area

Part.3 中国矿区自动驾驶的典型案例分析

The Cases of Autonomous Driving in China`s Mining Area

Part.4 中国矿区自动驾驶的未来展望

The Outlook of Autonomous Driving in China`s Mining Area



Part 1. 自动驾驶技术

The Autonomous Driving Technology

1.1 自动驾驶技术定义及框架

The Definition and Framework of Autonomous Driving Technology

◆ **自动驾驶定义：**根据工信部和标准委的当前界定，自动驾驶（汽车驾驶自动化）指车辆在搭载先进传感器、控制器、执行器的基础上，在特定的设计运行范围内，能自主获取和分析车内外信息，持续地处理部分或全部动态驾驶任务。

亿欧智库：自动驾驶分级标准与划分

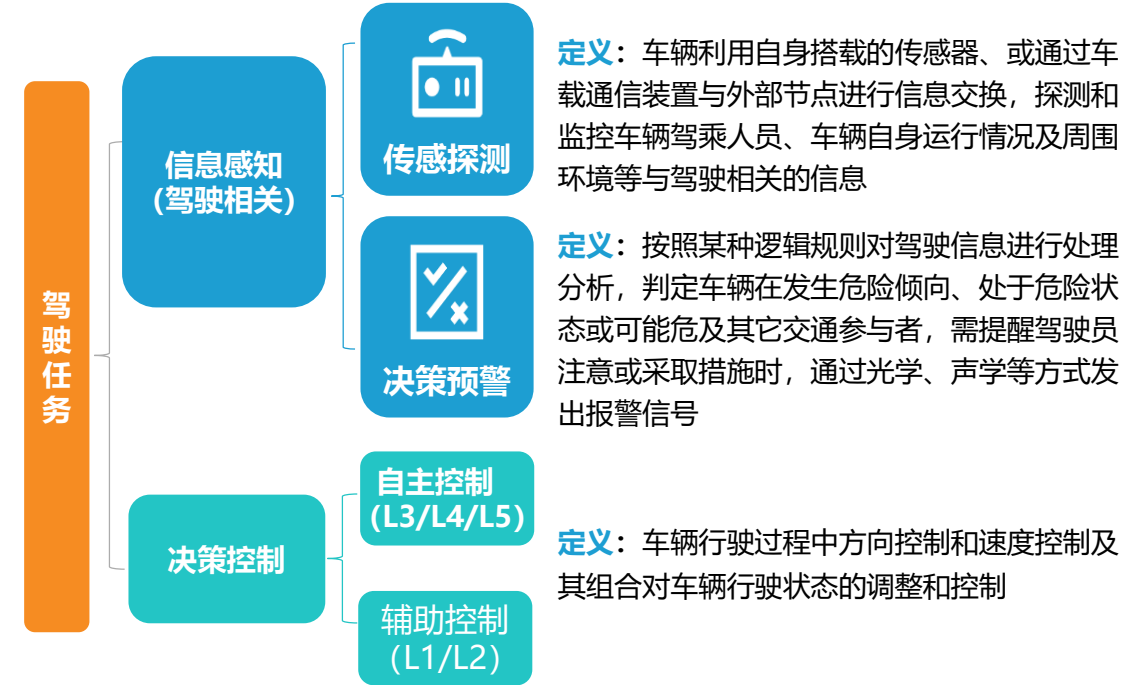
- **标准颁布：** 工信部在2020年3月9日下发了《汽车驾驶自动化分级》推荐性国家标准报批公示，该文件基于驾驶自动化系统能够执行动态驾驶任务的程度，根据在执行驾驶任务中的角色分配以及有无设计运行条件限制，将驾驶自动化分为0~5级。
- **颁布意义：** 此公示的颁布意味着中国正式拥有自己的自动驾驶汽车分级标准，将为我国后续自动驾驶相关法律、法规、强制性标准提供支撑。
- **具体划分标准：** 根据系统执行动态驾驶任务的能力和设计运行范围，车辆的自动驾驶可以分为6级。随着等级上升，系统将逐步代替驾驶员完成各项操作，设计运行范围也由限制场景拓展至全部行驶路况。设计运行范围是指确定的自动驾驶的运行条件，如道路，交通，速度，时间等；动态驾驶任务指完成车辆所需的感知，决策和执行等行为，具体包括横向/纵向运动控制，目标和事件的探测响应，驾驶决策及信号装置控制等。

亿欧智库：自动驾驶具体等级划分标准

等级	等级名称	持续的车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测响应	动态驾驶任务接管	设计运行范围
L0	应急辅助	驾驶员	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
L1	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
L2	组合驾驶辅助	系统	驾驶员和系统	驾驶员	有限制
L3	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务接管用户（接管后成为驾驶员）	有限制
L4	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
L5	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制

- ◆ **自动驾驶技术框架：**自动驾驶的技术框架两条主线是“驾驶信息感知”和“决策控制”，其发展的核心是由系统进行信息感知、决策预警和智能控制，逐渐替代驾驶员的驾驶任务，并最终完全自主执行全部驾驶任务。其中，感知层是自动驾驶所有数据的输入源，决策层由计算平台完成海量的数据处理。
- ◆ **各国自动驾驶技术开发理念基本一致：**中国基本沿用了SAE J3016™文件对自动驾驶的划分标准和理念，而这一标准也被各国广泛采纳。另外，中国主张的自动驾驶概念置于**智能网联汽车**范畴之下，**强调智能化（自动驾驶）和网联化（V2X）的融合**，构建单体车辆智能和车路协同智能共进的技术体系。但在具体ADAS方面，中国的政策相对欧美滞后，尚以推荐性标准为主。

亿欧智库：自动驾驶（智能网联）汽车的技术逻辑结构



亿欧智库：中国自动驾驶/ADAS标准实施情况

纲领文件 《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》		
推荐性标准 (已报批/公示)	推荐性标准 (立项)	强制安装功能 及时间要求
• BSD 盲区监测 • LKA 车道保持辅助 • ACC 自适应巡航 • FCW 前撞预警 • LDW 车道偏离预警 • AEB 自动紧急制动 •	• IPA 智能泊车辅助 • 驾驶员注意力监测 • 全速自适应巡航 • 车载感知融合技术标准化 • 自动驾驶汽车数据记录系统 •	• LDW&FCW：2018年部分客车 • AEB：2019和2021年部分客车 • LKA：2022年2月部分客车

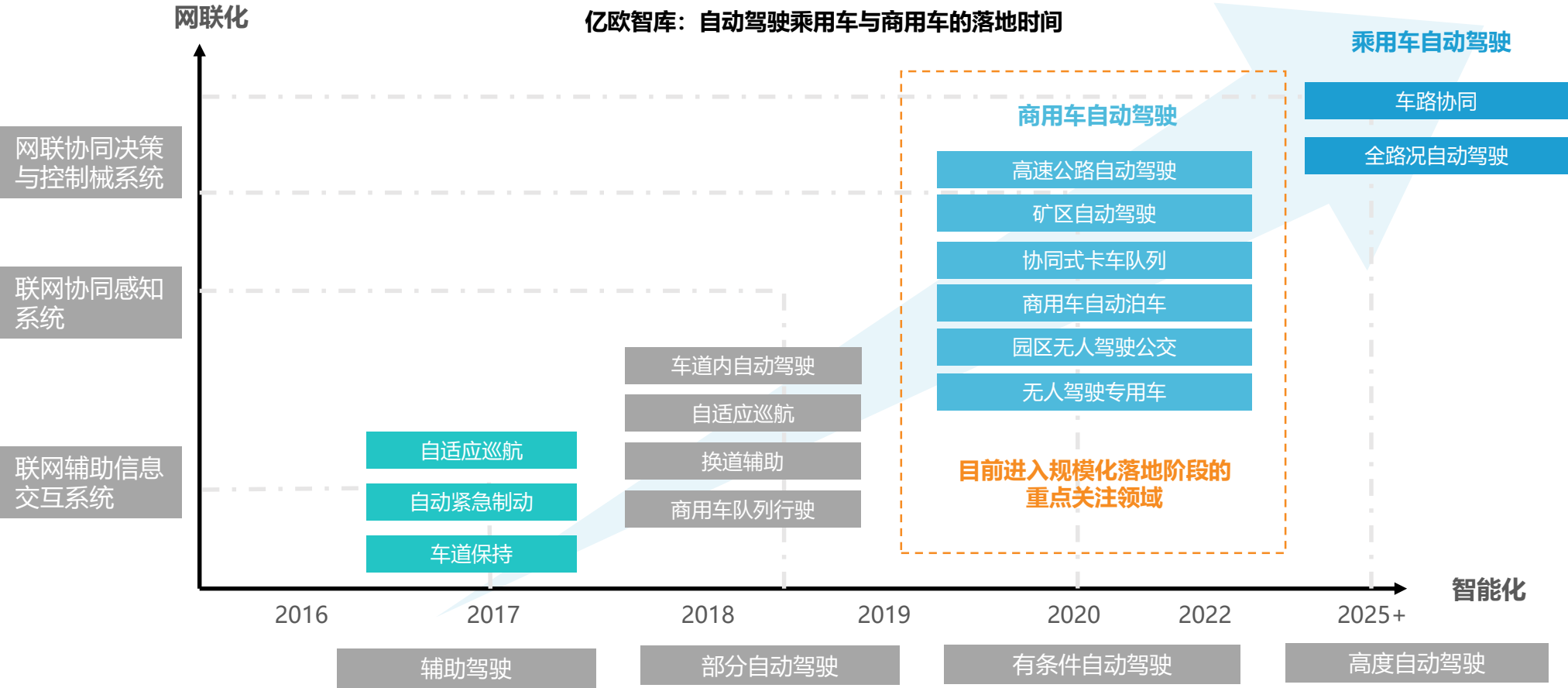
Source：工信部《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》，；全国汽车标准化技术委员会《汽车驾驶自动化分级》（征求意见稿）；亿欧智库整理

1.2 自动驾驶技术发展的不同模式

Different Modes of Development of Autonomous Driving

相比乘用车自动驾驶，商用车自动驾驶更快并即将进入规模化落地阶段…

◆ 全路况的自动驾驶是汽车电子技术发展的终极目标，智能化和网联化成汽车技术发展的两大重要维度，智能化随着半导体、算法技术发展而不断进步，网联化则在5G、AI技术的赋能下，强调信息的实时性和丰富性。现阶段的智能化和网联化程度尚不支持全路况自动驾驶。商用车对于行车地点和时间进行限制，避开路况复杂区域，同时限制驾驶速度，有利于绕开复杂场景下的技术困难。

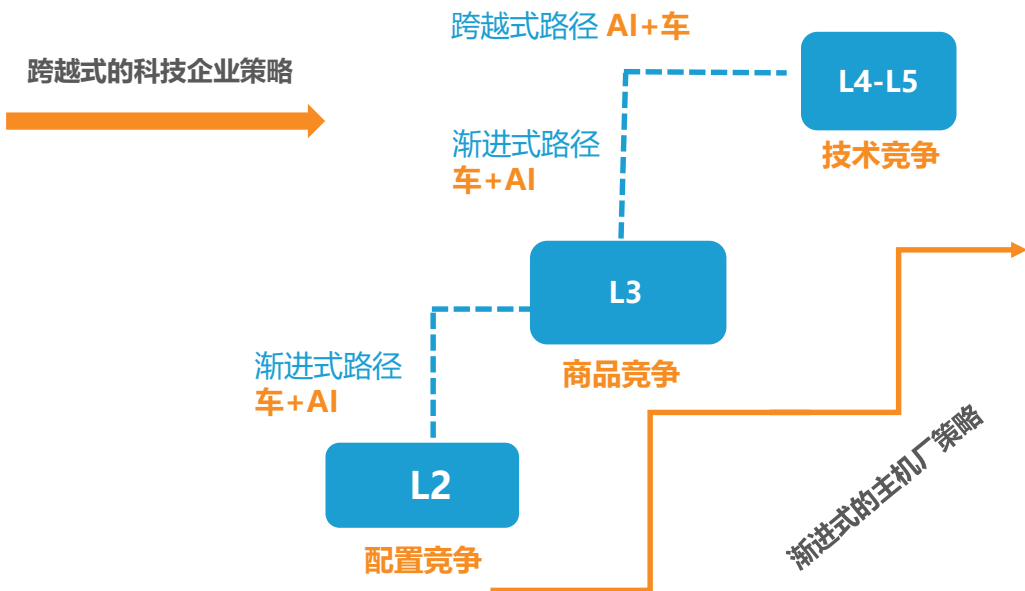


Source: 广汽, 信通院, 中金公司研究部, 国泰君安证券研究; 亿欧智库整理。注: 规模化落地在此处指的是产品拥有实际可应用和终端应用需求, 并且产品拥有极强的产品复制能力

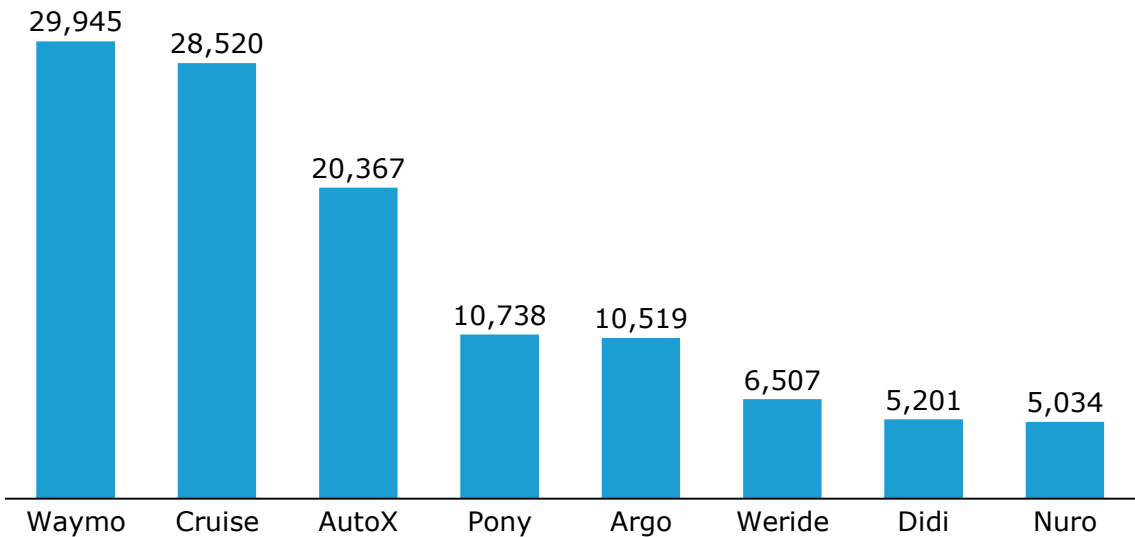
科技企业跨越式的发展策略将率先抢占商用车自动驾驶市场

- ◆ 自动驾驶的主流玩家可以分为两类：以渐进式策略为主的主机厂，以及跨越式策略的科技企业。
- ◆ 其中主机厂和传统的第一梯队汽车制造公司, 通用Cruise和福特，主机厂的策略是从L1、L2向高阶自动驾驶进行升级，另一方面在L2汽车的基础上叠加新的L3、L4级别功能来给予客户更好的消费体验，提升车辆性能的同时，规避了L3责任划分带来的问题。
- ◆ 而科技企业直接从L4及以上级自动驾驶切入，从物流车、矿区车、高速公路等针对具体工况的车辆入手，通过限定场景来降低开发难度，避免了由于场景复杂而带来的安全问题，在主要指标、年度平均接管历程（MPI）中取得绝对领先，典型公司有Waymo、百度、小马智行等。

亿欧智库：主机厂与科技企业实现自动化的不同策略



亿欧智库：2020加州路测接管里程MPI*



Source: MPI即Miles per Intervention, 每两次人工干预之间行驶的平均里程数

1.3 中国无人驾驶商用车的主要落地场景

The Main Landing Scenarios of Drivels Commercial Vehicles in China

中国自动驾驶商用车领域的六大主流应用场景…

◆ **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：矿区场景、港口场景、物流园区、机场场景、干线物流、末端物流。

亿欧智库：中国自动驾驶商用车领域六大主流应用场景



矿区场景

- **场景简介：**自动驾驶主要应用在露天矿区，开放程度高，矿区内行人干扰度低，路线复杂程度低，是自动驾驶技术应用的绝佳场景。
- **应用现状：**矿区自动驾驶已在宝日希勒矿区、白云鄂博矿区、鄂尔多斯矿区等多个矿区开展试运营。
- **车辆类型：**自动驾驶矿卡和自动驾驶宽体车。
- **实现功能：**可实现土方剥离以及运输的功能，速度低于30km/h。



港口场景

- **场景简介：**港口场景复杂程度低，对自动驾驶技术要求低，但是市场规模较小。
- **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，天津港已经布局超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，速度低于30km/h。



干线物流

- **场景介绍：**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：**铺设专用的智慧道路，图森未来，直线科技已经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。



机场场景

- **场景介绍：**机场场内车量类型多，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、北京等多地机场已开展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：**在机场行李舱和飞机行李舱之间，运输行李和货物。



物流园区

- **场景介绍：**物流园区基建完善，自动化程度高，内部行驶的车辆类型比较多。
- **应用现状：**菜鸟、苏宁、德邦均布局物流园区自动驾驶，京东也开始筹备5G物流示范园，全园将引入自动驾驶技术。
- **车辆类型：**自动驾驶重卡和自动驾驶轻型货车。
- **实现功能：**仓与仓之间货物运输，速度低于30km/h。



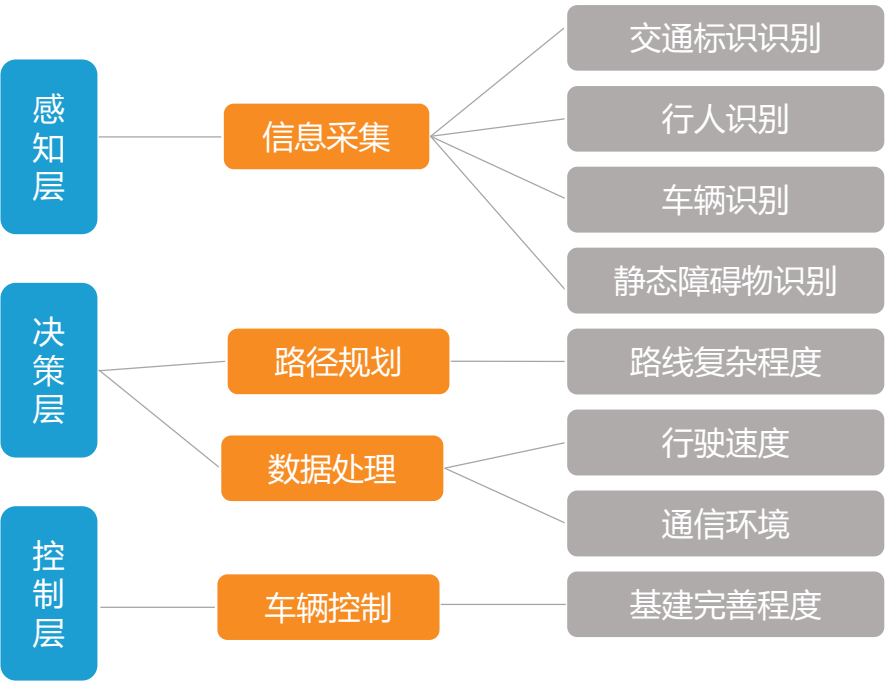
末端物流

- **场景介绍：**末端物流具有高频，分散的特点，目的是解决“最后一英里”的配送难题。
- **应用现状：**目前苏宁、京东等平台均推出L4级无人配送小车，已经实现运营。
- **车辆类型：**无人配送小车和无人配送大车
- **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15-25 km/h。

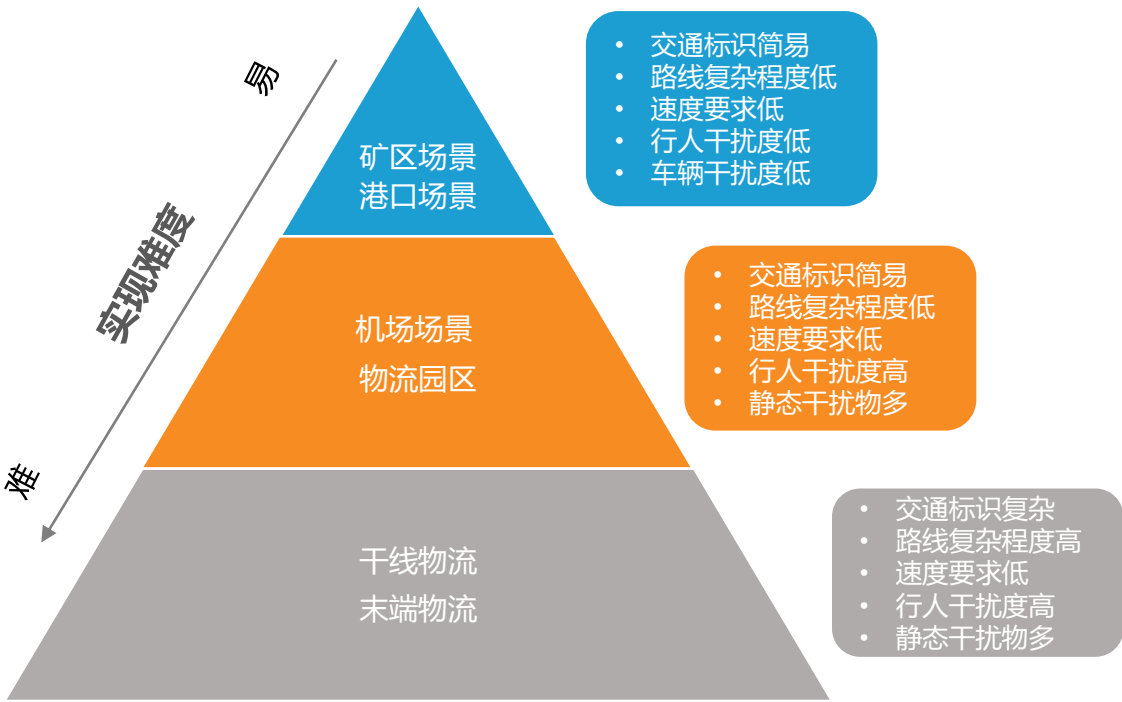
…矿区场景具备更优的自动驾驶落地条件

◆ 场景复杂程度是自动驾驶技术在特定场景落地的关键因素之一。亿欧智库从场景对自动驾驶实现难度的影响因素出发，通过交通标识、行人干扰等多个指标对自动驾驶商用车应用的六大主流场景进行评价对比。综合分析之下，高等级自动驾驶技术在矿区场景应用难度较小，更易实现商业化应用。因此，亿欧智库将矿区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：自动驾驶商业化场景评价指标维度

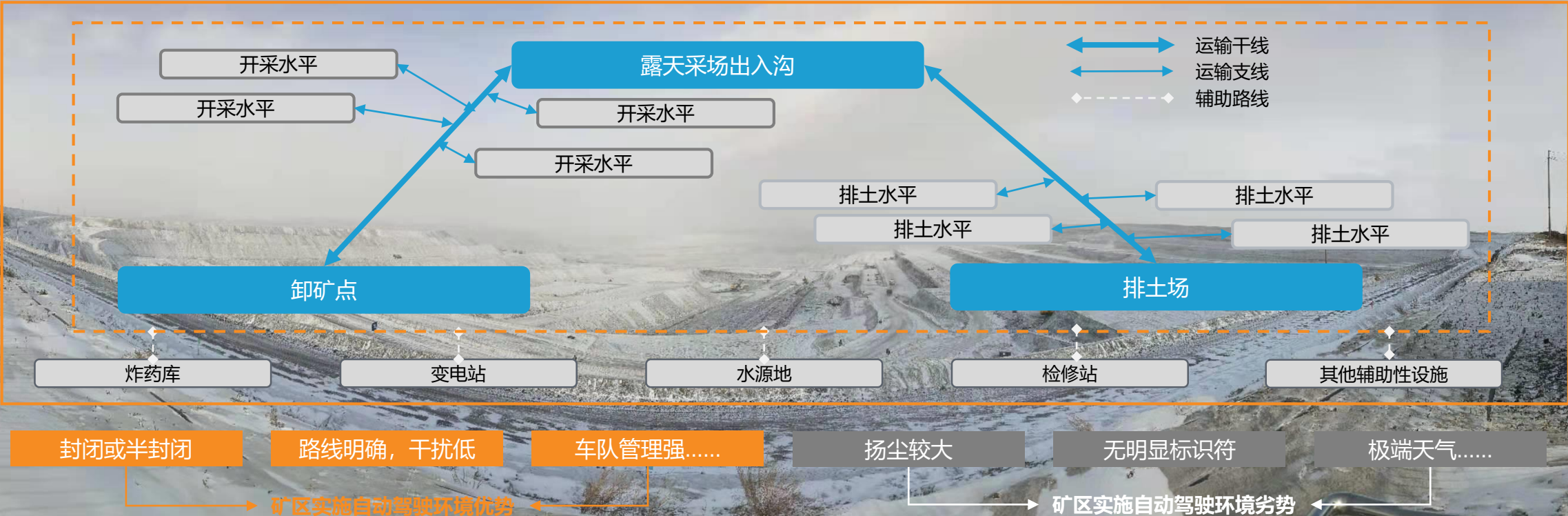


亿欧智库：商用自动驾驶落地难度



- ◆ 矿区运输路线主要分为三类：运输干线（从露天采场出入沟通往卸矿点和排土场的公路）、运输支线（由开采水平与采场运输干线相连接的道路，和由各排土水平与通往排土场的运输干线相连接的道路）、辅助线路（通往分散布置的辅助性设施，行驶一般载重汽车的道路）。
- ◆ 矿区开采一般处在封闭的环境，尽管运输路线会随着开采平面的移动而移动，但主干线和大部分干道明确，车队管理能力强；但同时也会有扬尘较大、无明显标识符、部分矿区部分时期的极端天气等劣势。

亿欧智库：矿区开采环境及主干路线示意图





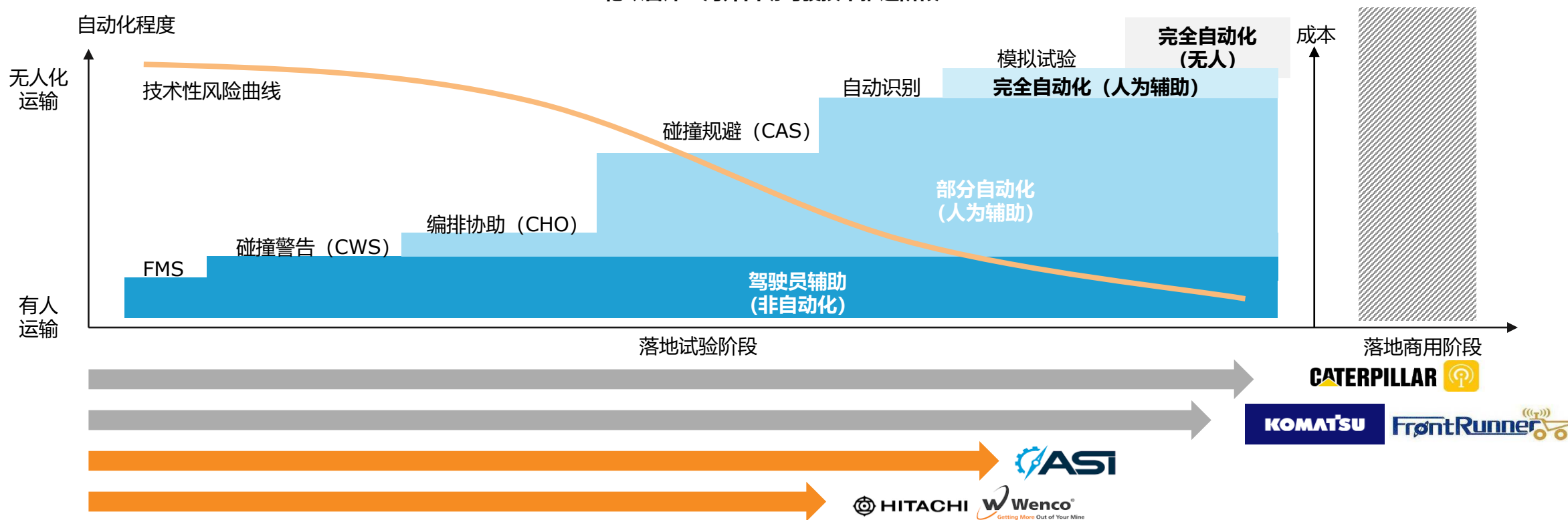
Part 2. 矿区自动驾驶的应用研究

The Application of Autonomous Driving Technology in Mining Area

海外矿区自动驾驶更早进入商用阶段，大部分从FMS演变而来…

- ◆ 海外矿区自动驾驶的主要代表是大型工程机械及系统公司，如卡特彼勒、小松、日立，也包含部分独立发展的创业企业如ASI。其中卡特彼勒和小松进入落地商用阶段，且基本可实现完全无人化运输，ASI与日立等公司紧随其后，也进入了部分自动化或落地试点阶段。
- ◆ 海外矿区自动驾驶技术大部分可追溯至有人车的FMS（Fleet Management System，车队调度管理系统），并经过CWS、CHO、CAS等部分自动化人为辅助阶段，然后进入模拟试验的完全自动驾驶，最后进入完全自动化无人驾驶。目前卡特彼勒和小松都有较长时间的自动驾驶研发经验，且都有全球最优秀的FMS研发与商用产品线。

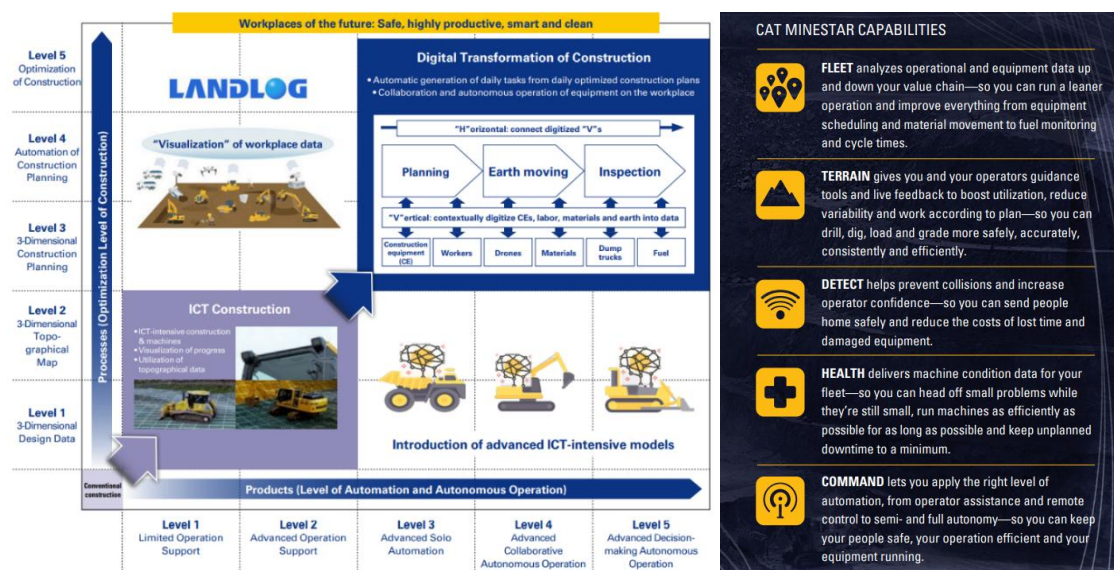
亿欧智库：海外自动驾驶技术推进阶段



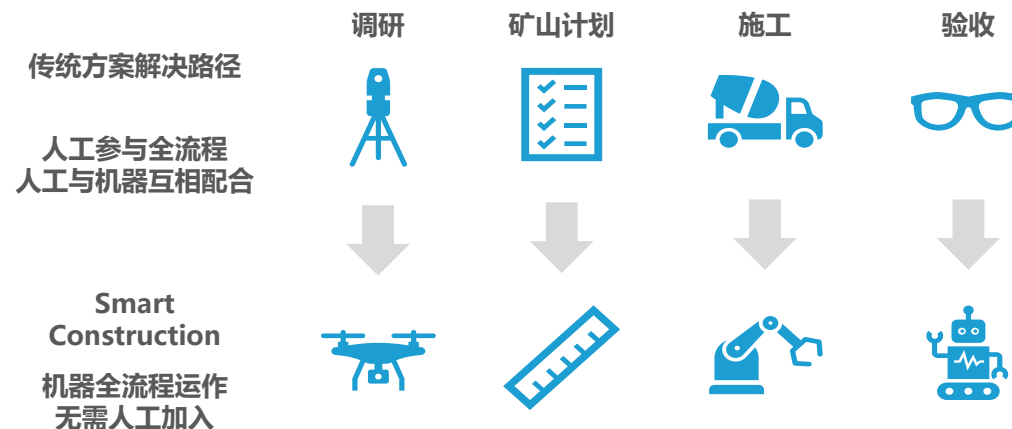
...海外主流矿区自动驾驶均隶属于整体矿山自动化方案，独立性较弱

- ◆ 小松的自动驾驶晚于卡特彼勒，且起源于外部公司Modular，小松自动驾驶方案目前为 FrontRunner系统，该系统于1990年开始研发，是基于GPS和单车智能为主的解决方案，主要实现的功能是智能调度和避障。相较小松，卡特彼勒MineStar有约50年发展历史，起源于内部的软件研发部门，经过多次迭代，整合形成目前完整的针对矿区的方案，卡特彼勒的矿区自动驾驶方案主要实现的功能是卡车调度优化，设备资产运维等。
- ◆ 海外矿区自动驾驶方案基本都嵌在整体矿山自动化解决方案中间，同时会有地面采掘的无人化、地面运输的无人化、地下采掘的无人化以及整个矿山的数字化管理方案，如小松的DANTOTSU战略和卡特彼勒的MineStar战略。

亿欧智库：小松（左）和卡特彼勒（右）矿山自动化整体解决方案



亿欧智库：海外典型案例小松的战略规划



- 小松自动驾驶方案包含在DANTOTSU价值支撑增长战略中，此战略主要由三个部分组成：DANTOTSU产品，DANTOTSU服务以及DANTOTSU解决方案。
- 其中DANTOTSU解决方案包含了Landlog解决方案和Smart Construction解决方案，LandLog用于实现整个作业区的“可视化”，而其核心AHS(自动驾驶)系统是这个体系背后的一环。
- 从整体上来说，小松要做的是利用无人机等先进设备做到矿区整体无人化，和中国现阶段只在运输上无人化有较大差别。

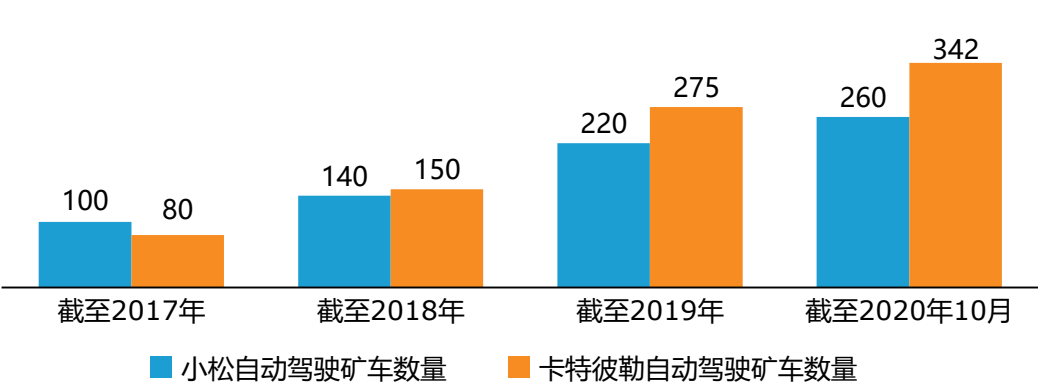
卡特彼勒、小松在海外矿区自动驾驶落地商用市场遥遥领先，并且在2018年后迎来爆发增长

◆ 目前海外矿区自动驾驶商用落地市场中，卡特，小松处于行业领先地位：卡特彼勒2020年无人车保有量342台，略高于保有量260台的小松，其主要合作的矿企为 Rio Tinto、BHP、Codelco、Fortescue等，基本符合“大矿企大设备服务商”的发展路径。卡特彼勒于2011年开始正式落地商业化，晚小松4年，但两家均在2018年迎来爆发。

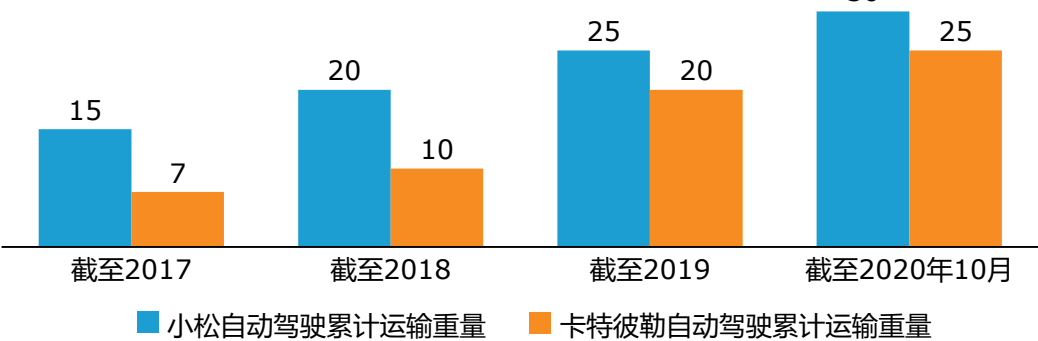
亿欧智库：海外矿车自动驾驶合作落地矿企及矿区

矿业企业	矿企	矿址
KOMATSU	Komatsu	Codelco
	Komatsu	Gabriela Mistral
	Komatsu	Rio Tinto
	Komatsu	West Angelas
	Komatsu	Rio Tinto
	Komatsu	Yandicoogina Mine
	Komatsu	Rio Tinto
	Komatsu	Nammuldi
CATERPILLAR®	Komatsu	Rio Tinto
	Komatsu	Hope Downs
	Komatsu	Rio Tinto
	Komatsu	Pilbara
	Komatsu	BHP
	Komatsu	South Flank, Pilbara
	Komatsu	BHP
	Komatsu	Goonyella Riverside
HITACHI		
	Caterpillar	BHP
	Caterpillar	Navajo Mine
	Caterpillar	BHP
	Caterpillar	Jimblebar
	Caterpillar	Fortescue
	Caterpillar	Solomon
	Caterpillar	Rio Tinto
.....	Caterpillar	Koodaideri
	Caterpillar	BHP
	Caterpillar	Pilbara
	Caterpillar	Daunia
		
	Hitachi	Stanwell
	Hitachi	Meandu
		

亿欧智库：小松与卡特彼勒自动驾驶矿车数量



亿欧智库：小松与卡特彼勒自动驾驶矿车累计运输重量
(单位：亿吨)



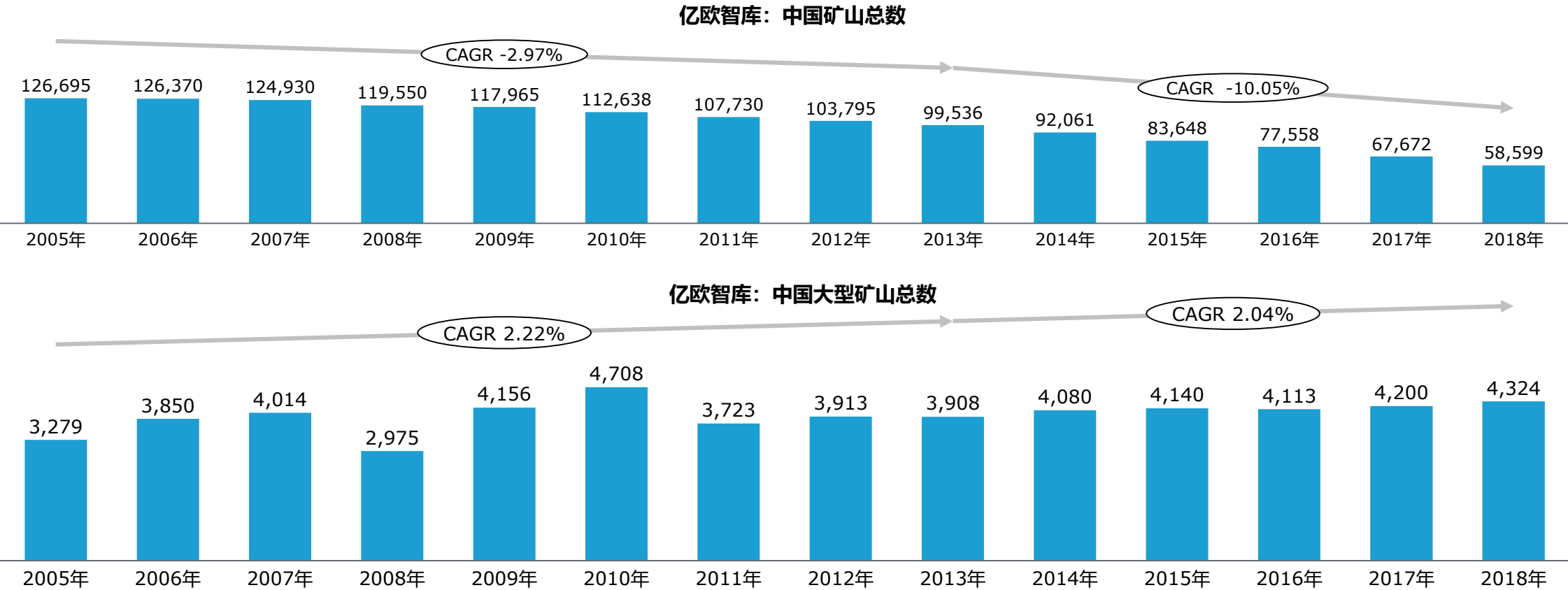
Source: : 历年卡特彼勒年报及季度财报会、历年小松年报、历年媒体新闻、亿欧智库整理。* 注：卡特彼勒未披露2017年自动驾驶矿车数量，此处为估算数据

2.2 中国矿区自动驾驶发展状况

The Development of Autonomous Driving in China's Mining Areas

中国矿区自动驾驶发展背景：大型矿山占比将持续提升

- ◆ 改革开放之后中国矿山总数经过了两个主要的发展阶段，其中2005年~2012年矿山总数在10万座以上，2013年至2018年受政策影响矿山数量大幅下降，2018年为5.8万座，预计未来仍保持-5%~-15%的增长率，2023年将减少至4.5万座。
- ◆ 矿山总数的大幅下降主要因为小型矿山数量持续、快速的减少：2016年2月，国务院印发《关于煤炭行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》，率先在煤炭、钢铁两个行业开展推动供给侧结构性改革试点工作，同时严格控制新增产能，严格整理违法违规建设，小煤矿与保护区等重叠的煤矿依法关闭，条件差的煤矿有序退出；2018年中国大型矿山数量约为4324座，随着绿色矿山政策的施行，未来中国的大型矿山数量占比仍将持续提升。



Source: 《中国国土资源统计年鉴》、《中国非油气矿产开发利用统计年报》、《露天采矿学》、专家访谈; 亿欧智库整理

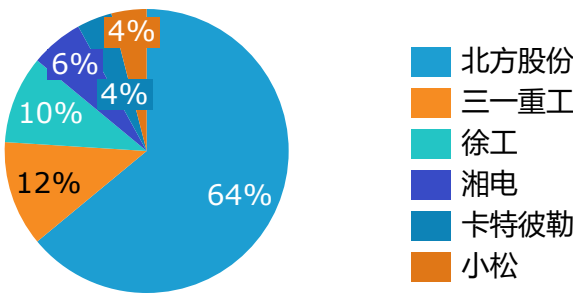
中国矿区自动驾驶发展背景：矿卡与非公路自卸车为主要运输工具

- ◆ 目前中国矿山主要的汽车类运输工具有三种，分别是刚性矿卡、普通公路自卸车、非公路自卸车。
- ◆ 其中刚性矿卡因为造价较高、维护和运行成本也较高，一般在大型露天矿山使用，使用寿命长达10~15年，主要的品牌有北方、三一、徐工、湘电、卡特彼勒、小松。
普通公路自卸车与一般的重卡区别较小，一般只对其进行改造就投入矿区使用，其对矿山环境的适用性较差、安全性不足，已逐步退出矿山运输市场。非公路自卸车是中国露天矿山工程机械的特有产物，其结合了刚性矿卡和公路自卸车的优点，性价比较高、运营效率也较好，在国内获得了足量的推广，也是目前矿区运输的主要工具，使用寿命在3~5年，主要品牌有同力重工、临工、三一重工、徐工、重汽。

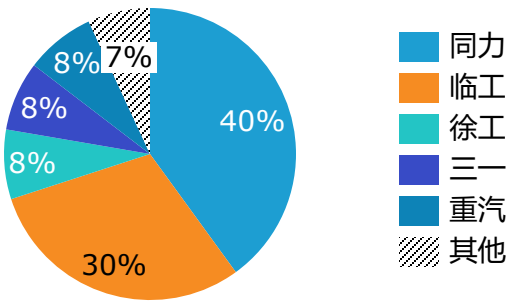
亿欧智库：中国矿山总数

产品类型	优势	劣势	载重量范围	使用寿命	使用情况
刚性矿卡	底盘按矿山工况设计，适合在大型矿山上使用，载重能力强，使用寿命长，安全性高。	造价高昂，购置、维护和运行成本很高。市场存量小，配件、服务社会资源少，完全依赖生产厂家。	30t~400t (国内厂商载重量一般在100t以内)	10~15年	在大型和超大型矿中保持一定使用量
非公路自卸车	结合了刚性矿卡和公路自卸车的优点，适合在特定工况条件的矿山工地上运营，效率较高，性价比较高。	开发和投放市场的时间较短，仅在中国有研发和设计；载重量、使用寿命不如刚性矿卡。	30t~100t (国内厂商载重量一般在70t以内)	3~5年	在各类矿中都获得推广
普通公路自卸车	采用普通公路自卸车底盘，稍加改造运行，整体市场规模大，制造成本低。	对矿山工地等工况适应性差；爬坡能力不足，横向稳定性和安全性差；车辆装载量小，运营效率低。	18~50t (国内厂商载重量一般在30t以内)	/	逐渐淘汰

亿欧智库：中国刚性矿卡销量分布
(2019年总销量约250~300台，YOY<10%)



亿欧智库：中国非公路自卸车销量分布
(2019年总销量约1.2万~1.5万台，YOY<5%)



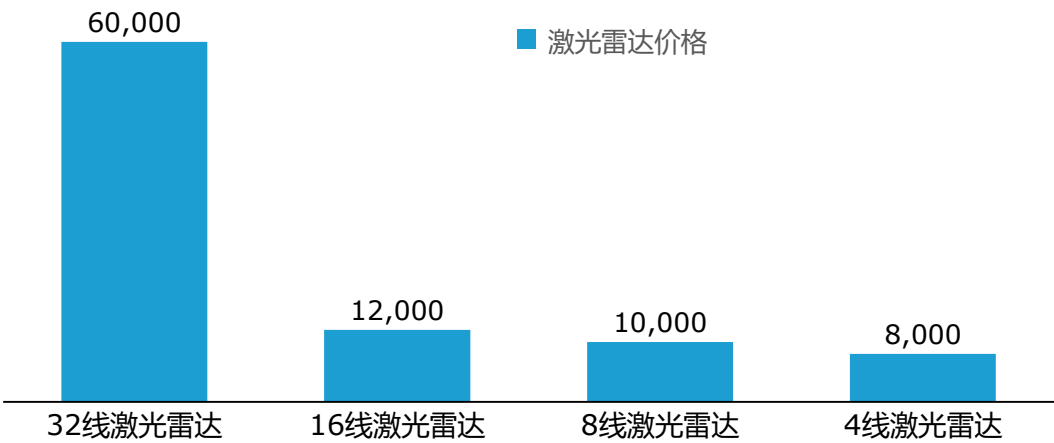
Source：《矿山设备手册》、《同力重工招股募集书》、专家访谈及其他公开资料；亿欧智库整理

- ◆ 安全问题是中国矿山自动驾驶最重要的驱动因素：
- 矿用运输汽车的事故分为设备事故和行车事故,其中行车事故指的是矿山车辆在行驶过程中发生车辆碰撞，行车伤人和翻车等事故，进而造成车辆损坏、其他物质损坏或人员伤亡。
 - 矿山环境恶劣造成安全风险，运输途中，路途颠簸极易造成侧翻、溜车等现象。卸土环节中，排土场多为20-30米的深沟，侧翻风险极大。
 - 国家安全监管政策下，若发生安全事故死亡，所属矿区需停产整顿。涉事矿区将造成千万甚至上亿元的损失，更为严重的会被吊销采矿许可证，管理者承担刑事责任。
- ◆ 自动驾驶主要配件激光雷达的价格下滑，使得大规模商业化具备基础：
- 车载激光雷达生产专利权仍掌握在行业领先者手中。龙头公司Velodyne加大激光雷达生产，并由圣何塞德工厂装配使用。主流生产商近年来也在不断下调价格，Velodyne将激光雷达官方价格从2017年的17900美金降至到2021年的600美金。
 - 传统T1企业如博世、大陆、安波福和新创企业等也纷纷入局，市场的供应量大大增加，使得价格具备进一步下降基础，且中国厂商制造的激光雷达的价格大致为欧美企业激光雷达价格的20%，市场价格竞争激烈。

亿欧智库：中国矿区安全事故统计

时间	运输事故起数	运输事故死亡人数	事故件数	死亡人数
2015	62	68	350	575
2016	54	72	249	538
2017	32	42	219	375
2018	-	-	224	333
2019	-	-	170	316

亿欧智库：镭神智能多线激光雷达价格
(单位：元)



◆ 矿区自动驾驶政策逐步清晰：2019年开始，国家大力支持矿区自动驾驶的发展。

发布机构	政策名称	发布时间	矿山自动驾驶相关政策内容
国家发展改革委 国家能源局	《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》	2016年12月29日	创新煤炭高效建井和智能矿山等关键技术、煤炭无人和无害化等智能开采、充填开采、保水开采以及无煤柱自成巷开采技术，开展矿井低浓度瓦斯采集、提纯、利用技术攻关。
国务院办公厅	《安全生产“十三五”规划的通知》	2017年1月12日	提出要“加强安全科技研发，煤矿重大灾害风险判识及监控预警；超大规模矿山提升运输系统及自动化控制；露天矿山高陡边坡安全监测预警；积极建设智慧矿山”。
科技部 国土资源部 水利部	《“十三五”资源领域科技创新专项规划》	2017年5月18日	提出要“针对中国煤炭赋存条件复杂、开采深度大、开采效率低等特点，开展高效智能开采理论与技术研究，推动无人工作面成套装备研发和智慧矿山建设。”
工业和信息化部 国家发展改革委 自然资源部	《有色金属行业智能矿山建设指南（试行）》	2020年4月28日	提出要建设基础设施的数字化改造与建设，并鼓励应用智能露天采矿装备，如智能挖机、智能卡车等；同时鼓励“基于5G网络大带宽的优势，利用ADAS（高级驾驶辅助系统）技术，开展矿山无人驾驶系统建设与应用。”
国家发展改革委 国家能源局 等八部委	《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》	2020年2月25日	提出“重点突破精准地质探测、精确定位与数据高效连续传输、智能快速掘进、复杂条件智能综采、连续化辅助运输、露天开采无人化连续作业”。
自然资源部	《绿色矿山建设评价指标》	2020年6月1日	采用大型化自动化液压铲装设备、液压挖掘机或装载机、自卸式矿车、大型自移式破碎机先进设备进行铲装作业可加分；建立开采及生产过程主要设备远程控制系统可加分。
国家税务局	《国家税务总局关于执行<西部地区鼓励类产业目录>有关企业所得税问题的公告》	2019年新增目录	新增从事“煤炭生产过程综合监控技术、装备开发与应用、智能化开采及机器人研发应用”的企业该项收入占总收入70%以上，可减15%所得税。

◆ 中国政策大力推动矿山向数字化，规模化，集约化，协同化大力发展：在2021年刚刚闭幕的两会中，针对推进智慧矿山建设议题，多位代表就行业发展方向指明发展道路。

亿欧智库：两会关于智慧矿山的提案汇总



- 魏臻委员担任合肥工业大学教授，同时担任合肥工大高科信息科技股份有限公司董事长。
- 核心提议是加大对关键技术，装备研发及应用支持力度。
- 具体建议是对智能化示范矿山，矿山智能装备技术攻关企业给予政策优先支持，对于积极推广应用井下智能装备的企业给予资金支持。



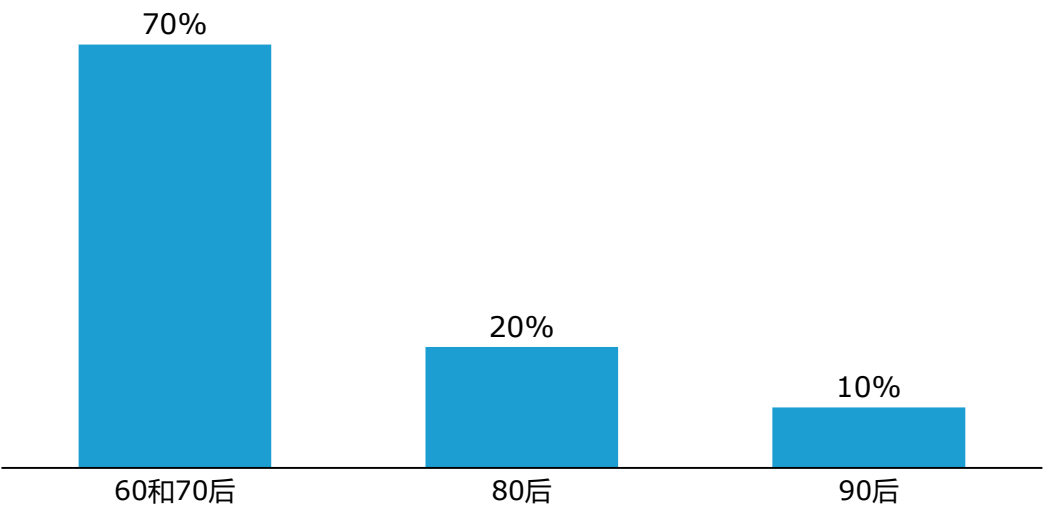
- 满慎刚委员常年担任山东能源集团党委副书记，董事和总经理。在煤炭行业深耕多年。
- 核心提议是加大对智慧矿山的政策扶持。
- 具体建议是能源部门优先释放智能矿井的先进产能，优先支持智能化示范矿井产能置换，矿井产能核增；国有煤炭企业经营业绩考核中，将智能化建设投入视同利润。



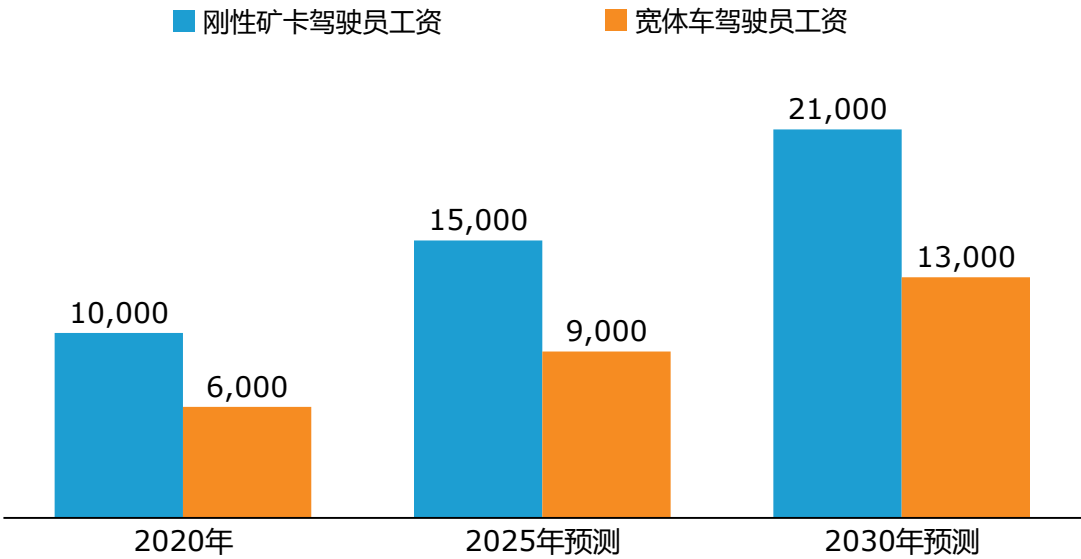
- 江浩然委员是恒银金融科技股份有限公司党委书记与董事长。
- 核心提议是提升5G技术在“智慧矿山”的深度应用。
- 具体建议是充分利用5G技术的低延时特征，建立全新的生态链和产业链，促进行业高效，安全发展；应把5G建设当作是一次生态的提升，要研究制定适应煤矿井下安全运行要求的5G设备和工业模组标准。

- ◆ 因人口老龄化导致的劳动力短缺和人工成本增加是推动矿区自动驾驶发展的劳动力因素：矿山劳动力70%是60后和70后，老龄化严重，同时流动性极强，一般5~6年便会转岗，而偏远地区恶劣的工作环境加重用工难问题，高原地区的平均转岗时间为3年。
- ◆ 刚性矿用车的司机工资在10000人民币以上，宽体车司机的工资也在6000~7000元，未来仍然呈上涨趋势，且为保障矿车行驶以及驾驶员的安全，矿用车一般会配备4~5名司机，小型矿车会配备2~3名司机，在大型矿区，一年仅运输队司机的人员成本就高达千万。

亿欧智库：中国矿区驾驶员年龄现状分布



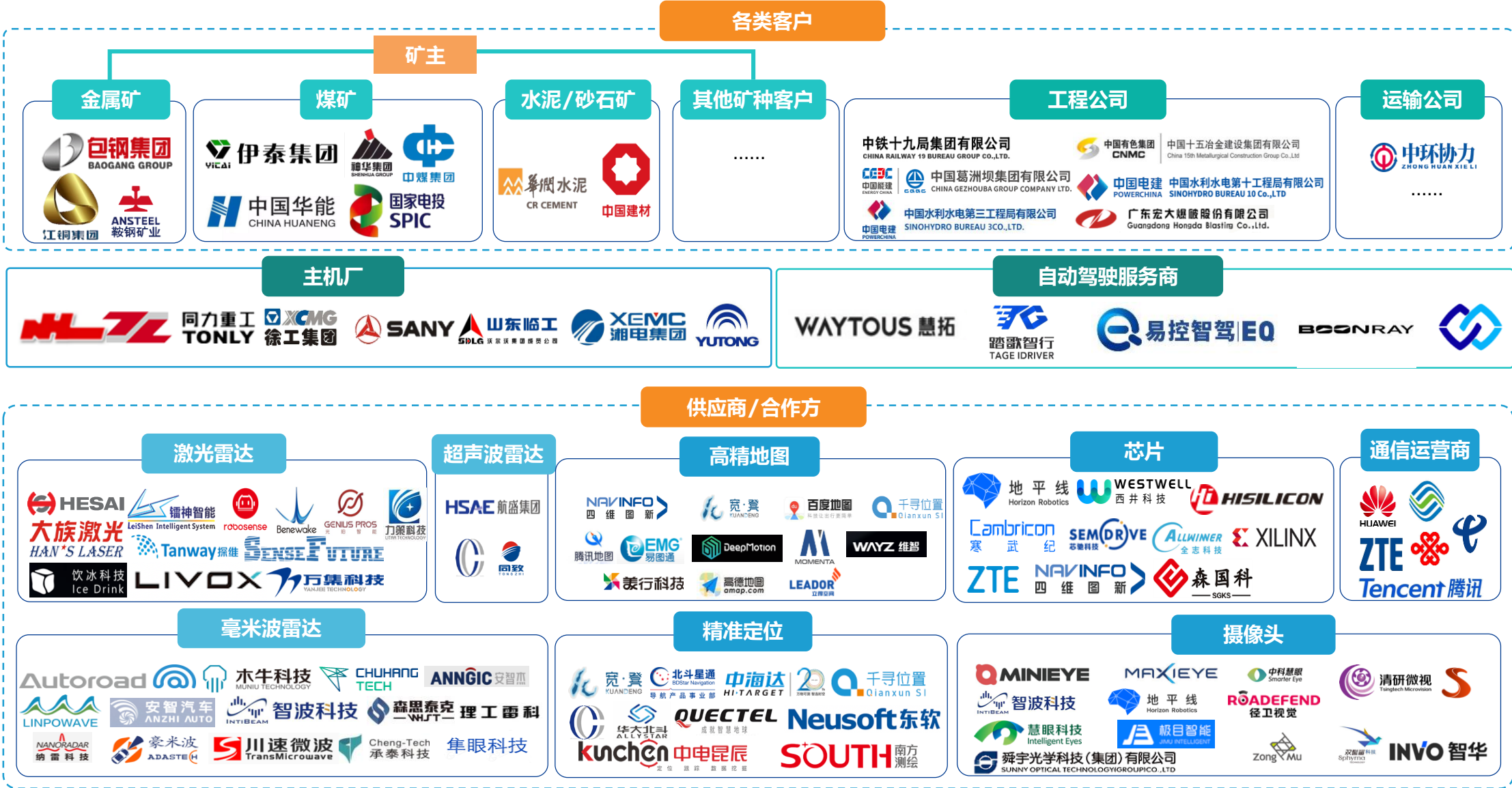
亿欧智库：中国矿区驾驶员平均工资水平
(单位：元/月)



中国矿区自动驾驶历程：正在从使用落地向大规模商用发展

◆ **中国矿区自动驾驶历程：**中国矿区自动驾驶发展起源于20世纪90年代，但在2014年后伴随着自动驾驶发展才逐渐成熟，目前已经过起步，技术研发和试验阶段。

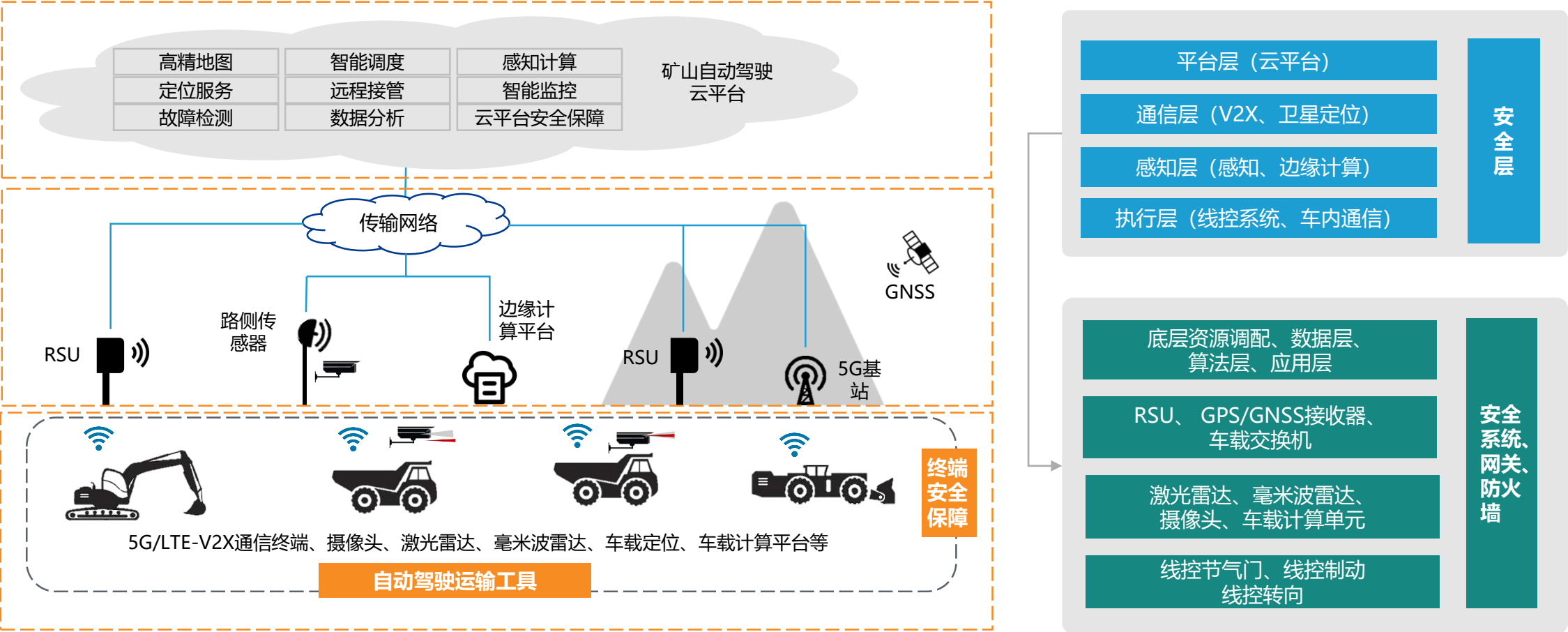




中国矿区自动驾驶的技术体系：三级体系、五层架构

◆ **中国矿区自动驾驶体系**：按体系划分，中国通用解决可分为车-路-云三级。从层级划分能分为执行层、感知层、通信层、平台层和安全层五层架构，包含大约20多种核心组件。

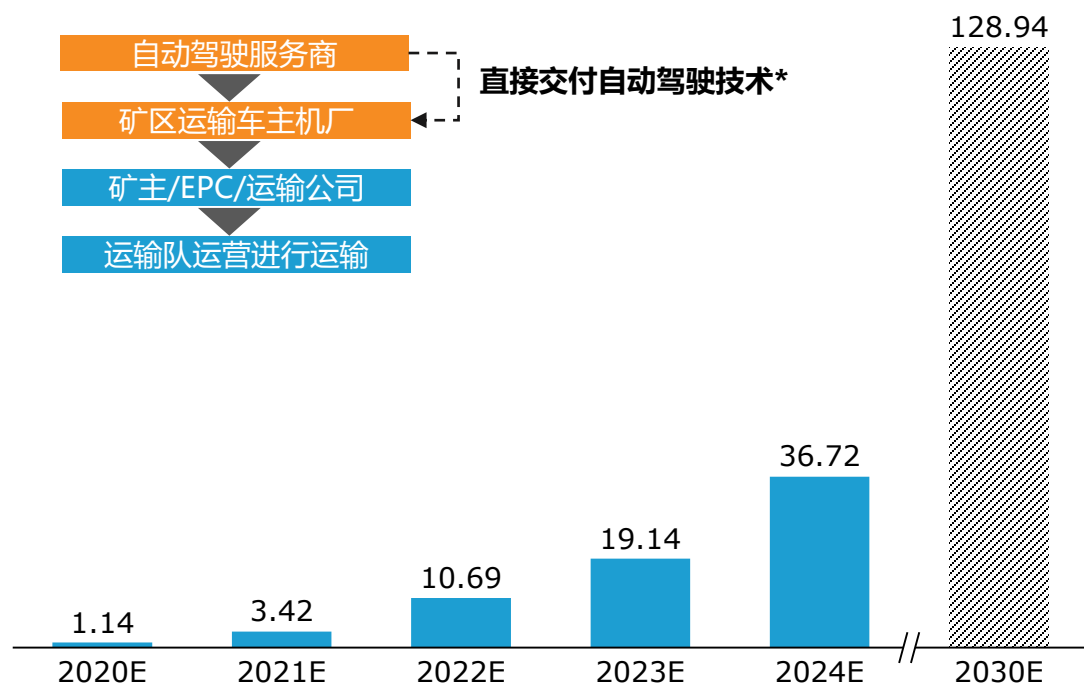
亿欧智库：中国矿区自动驾驶技术体系解决方案



矿区自动驾驶市场规模：百亿技术服务市场与千亿运输服务市场

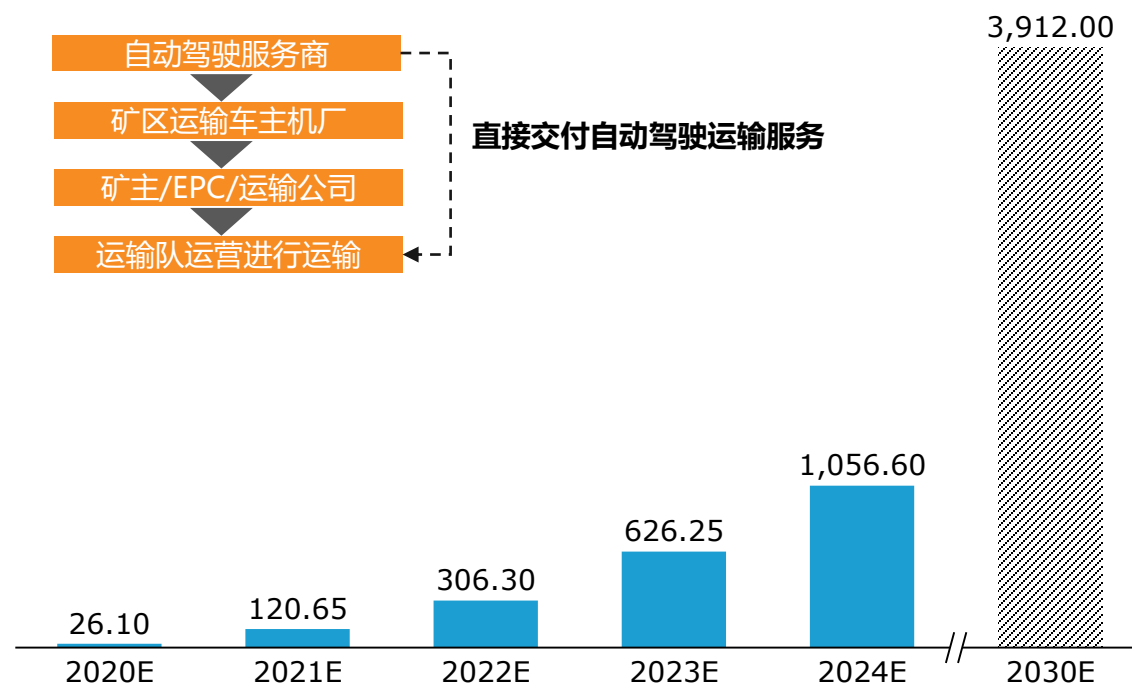
- ◆ 矿区自动驾驶市场主要可分为两类商业模式：技术服务和运输服务。
- ◆ 其中技术服务指的是自动驾驶相关改装费、前装销售分成以及平台运营费，测算对象主要为矿区运输车拥有自动驾驶能力所额外诞生的市场，不包含传统运输车整车销售所对应的市场；运输服务费对应的是一种新的商业模式，矿区自动驾驶直接提供自动驾驶运输服务。
- ◆ 亿欧智库调研测算，2030年中国矿区自动驾驶技术服务市场规模将达到129亿元/年，中国矿区自动驾驶运输服务市场规模将达到3912亿元/年。

亿欧智库：中国矿区自动驾驶技术服务市场规模
(单位：亿元)



*注：此处未区分前装及后装市场

亿欧智库：中国矿区自动驾驶运输服务市场规模
(单位：亿元)



An aerial photograph of a mining site. On the left, there is a large, irregularly shaped pond with greenish water. To its right is a larger, more rectangular pond with a yellowish-brown, muddy appearance. The surrounding terrain is rocky and uneven, with some sparse vegetation. In the upper right corner, there are some small structures, possibly part of a mine or a small settlement.

Part 3. 中国矿区自动驾驶的典型案例分析

The Cases of Autonomous Driving in China's Mining Area

- ◆ **慧拓智能的发展历史：**慧拓智能是中科院孵化的高新技术企业，正式运营于2017年，是中国领先的聚焦矿区自动驾驶的企业，同时在短倒运输、园区物流与智能网联建设方面进行战略布局。其核心技术起源可追溯至王飞跃教授的平行驾驶理论，其试验完成了全世界第一个矿山无人化系统，并应用到必和必拓的矿山作业中。通过提供矿区无人化领域全栈式整体解决方案，其战略目标为打造矿山工业互联网，目前已覆盖煤炭、冶金、有色、水泥四大行业，系国内目前唯一提供涵盖露天矿、井工矿整体解决方案的企业。



亿欧智库：慧拓智能的发展历程及重大事件

- 2014年11月，慧拓智能正式成立。
- 2017年5月，徐工集团与慧拓达成亿元级战略合作，并于同年，开发出第一代矿区驾驶系统与无人运输仿真系统。
- 2019年3月，慧拓智能获得赛富投资基金领投的A1轮数亿元人民币，并在同年12月，获得凯辉基金领投的过亿元的A2轮融资，正式开启全球化发展之路。
- 2019年9月，在大唐国际宝利煤矿正式完成国内首个无人运输系统在矿区的商业化落地运营。
- 2020年8月，“愚公”无人矿山整体解决方案首次正式应用于井工矿。
- 2020年10月，参与研发的无人驾驶卡车编组在国家能源集团神宝能源露天煤矿试运行，同年12月，项目入选国资委大国重器英雄榜。
- 2021年3月，参与研发的准能集团无人驾驶卡车混编运行全面开启。

亿欧智库：慧拓智能核心团队



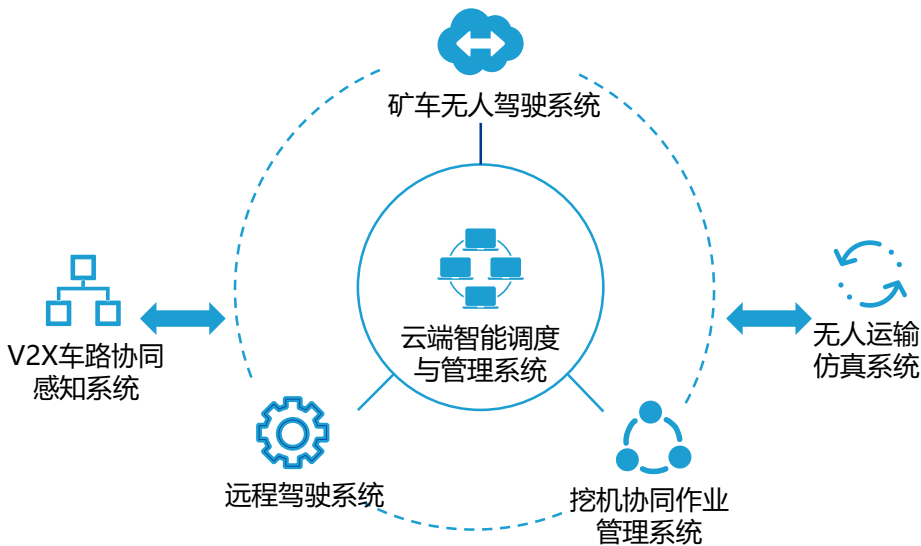
王飞跃教授是慧拓智能的首席科学家，系中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任，专注矿区无人驾驶领域超过30年，1988-1989年担任NASA无人挖掘与无人车研制，测试与运营环境项目负责人以及卡特比勒无人露天采矿项目的负责人，其提出的分层智能控制理论曾应用在卡特彼勒的无人矿用设备上。



陈龙博士是慧拓智能的联合创始人&CEO，系中山大学数据科学与计算机教授，并担任博士生导师与无人车研究中心主任，拥有10余年无人驾驶研发经验，擅长无人驾驶领域感知与决策模块，拥有丰富的创业经验以及深厚的矿区背景。

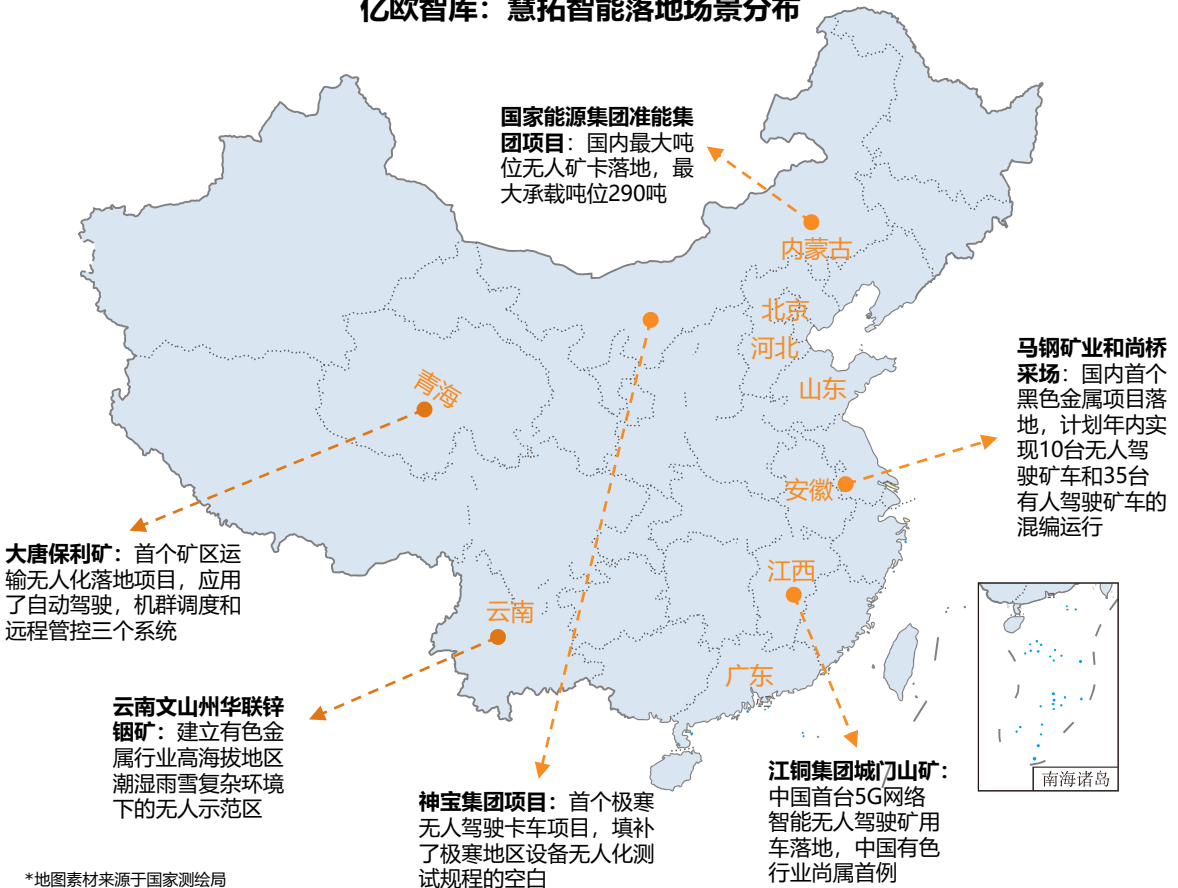
◆ **慧拓智能的技术体系与落地方案：**慧拓智能“愚公YUGONG”无人矿山整体解决方案由六大核心子系统构成，子系统已实现软硬件件化与产品系列化，通过构建虚拟仿真系统，可以模拟更多矿山作业虚拟现场，进而提高系统的稳定型和准确性；将子系统任意搭配组合，可适配混编场景与国内外各型矿车。目前，慧拓智能提供中国最完整的矿区无人化解决方案，目前已在国内落地超过二十个矿区，典型案例包括大唐国际保利矿，准能集团项目，神宝集团项目，马钢矿业和尚桥采场，江铜集团城门山矿以及云南文山州华联锌铟矿区项目，其他落地方案在全国均有分布，“愚公YUGONG”无人矿山解决方案的战略定位为矿山工业互联网平台。

亿欧智库：慧拓智能“愚公YUGONG”无人矿山整体解决方案



- 愚公无人矿山解决方案是国内唯一同时应用于井工矿与露天矿的无人矿山整体解决方案。从研发路径上来看，慧拓的总体解决方案最开始是基于王飞跃教授的平行驾驶理论（ACP模型），此解决方案拥有核心的VCU自研，并且允许挖机协同单独成模块，配备远程驾驶系统。

亿欧智库：慧拓智能落地场景分布



*地图素材来源于国家测绘局
审图号：GS(2008)1503号

- ◆ **踏歌智行的发展历史：**北京踏歌智行科技有限公司成立于2016年，专注于矿用无人驾驶技术研究、产品开发和无人矿山整体工程化解决方案设计及实施的高新技术企业。2017年即实现了国内首次矿用无人车的试验落地，2018年开始加速落地和产品化发展，2019年就签定了过亿元的商业合同。2020年10月获得2亿元投资。



亿欧智库：踏歌智行的发展历程及重大事件

- 2016年10月，踏歌智行成立。
- 2018年，踏歌智行国内率先完成无人驾驶矿用车的矿区实测。
- 2019年，踏歌智行与包钢集团、国家电投、中环协力签订了过亿元的商业合同，其中包含国内最大的金属矿无人驾驶项目、国内首个公开招标的无人驾驶项目以及国内车数最大的矿区无人驾驶项目。
- 2020年，踏歌智行与北方股份建立“一致行动人”合作伙伴关系，联合推出国内首批，共10台预装无人驾驶系统的线控矿卡NTE200AT；并在同年完成了2亿元的B轮融资。

亿欧智库：踏歌智行核心团队



余贵珍博士是踏歌智行的创始人兼CEO,担任北京航空航天大学交通科学与工程学院教授及博士生导师。余贵珍博士现任中国汽车工程学会汽车信息安全工作委员会副秘书长以及中国智能交通协会车辆专业委员会委员。余贵珍博士承担国家和省部级课题20余项，授权发明专利100余项，并发表学术论文80余篇。



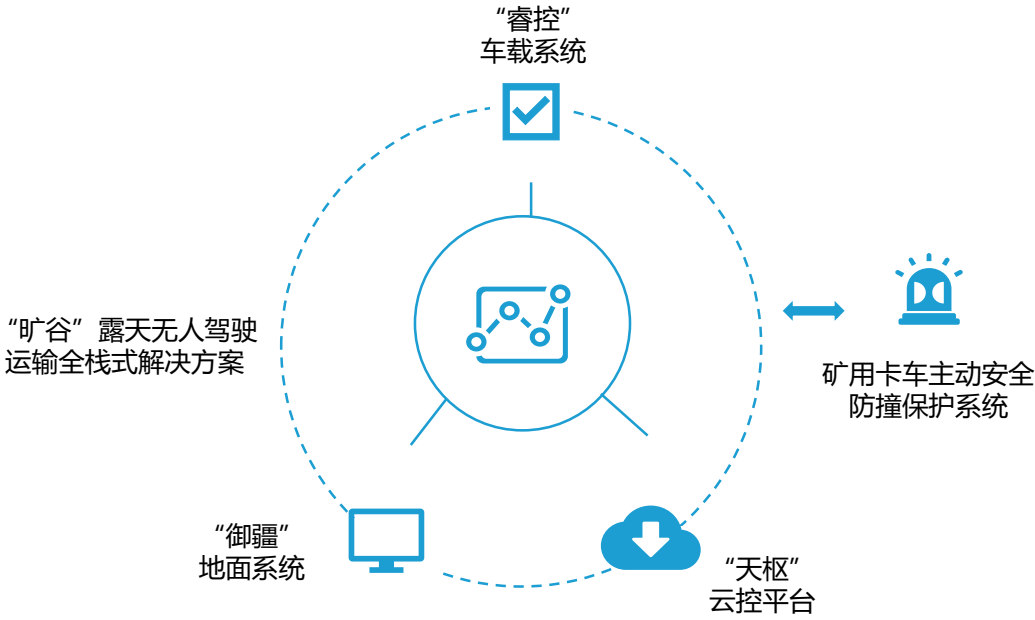
黄立明先生是踏歌智行的CTO,毕业于西安交通大学。黄立明先生曾先后任职于大唐、霍尼韦尔、西门子研究院、交控研究院，并且具备15年以上的产品研发经验；涉及通信、智能楼宇、车联网、机器人以及轨交等行业。目前，黄立明先生任职于踏歌智行，负责露天矿区无人驾驶运输系统总体解决方案以及相关产品的技术研发工作。



张彦女士是踏歌智行的COO,毕业于北京大学。之后，张彦女士还获得了新加坡国立大学MBA学位。张彦女士是华为系连续创业者，曾任Nasdaq上市公司JRJC高管；拥有15年以上的电信、咨询、移动互联网、证券投资行业企业的丰富运营经验；在复杂商业模式设计、转型期组织运营管理方面具备深厚的经验。

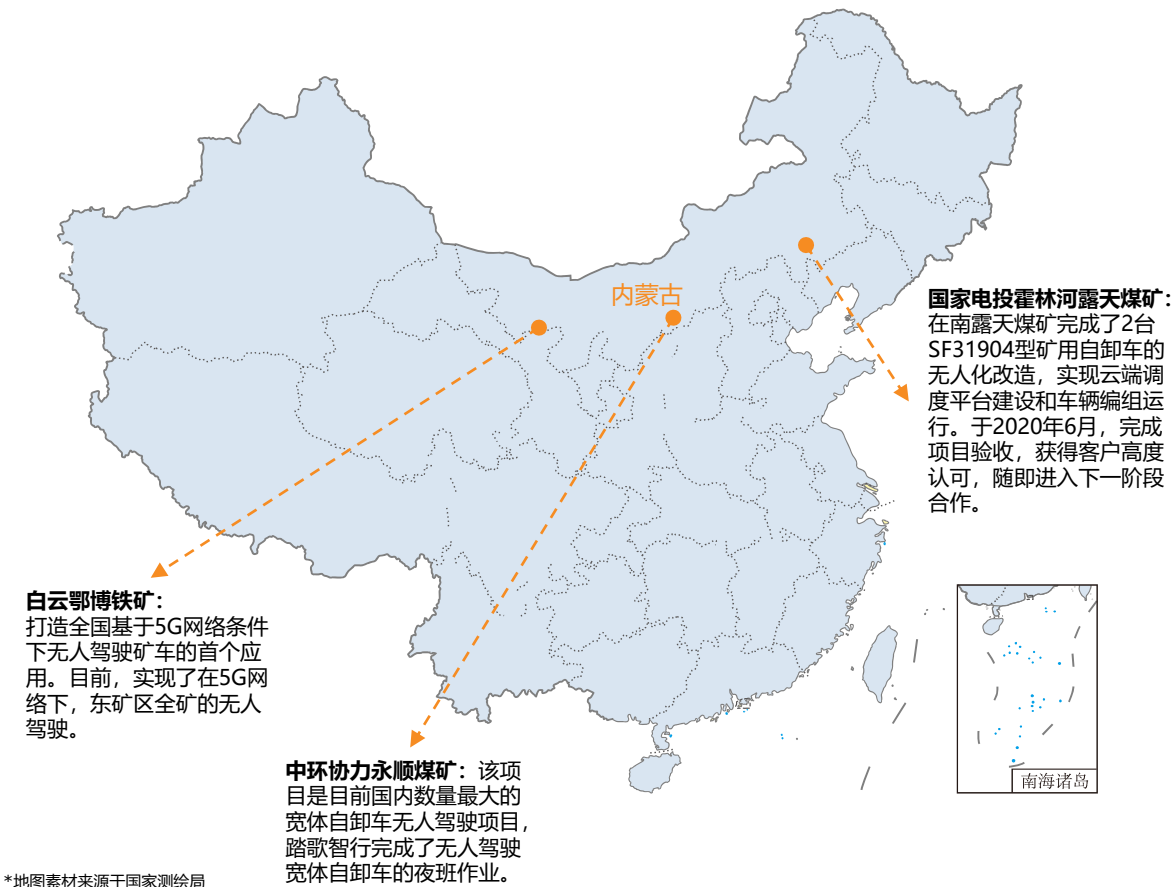
◆ **踏歌智行的技术体系与落地方案：**踏歌智行推出了车-地-云协同的智慧矿山无人运输系统，实现了由云端智能调度管理、4G/5G车联网通信、智能路侧单元和车载智能终端组成的露天矿无人驾驶运输全栈式解决方案。踏歌智行的客户覆盖能源、金属等领域的大型国有企业集团和国内最大的煤矿EPC中环协力等矿山行业标杆企业，可行性研究项目向商业订单的转化率接近100%。

亿欧智库：踏歌智行露天矿无人驾驶运输全栈式总体解决方案



- 从产品角度看，无人驾驶方案通用性强，可适配大型矿用自卸车和宽体自卸车两大矿用卡车品类，兼容多品牌多车型，同时支持无人驾驶新车型生产适配和在用车无人化升级改造。其研发的“矿用卡车主动安全防撞保护系统”产品是针对露天矿运输矿卡的驾驶员辅助系统。

亿欧智库：踏歌智行落地场景分布



*地图素材来源于国家测绘局
审图号：GS(2008)1503号

- ◆ **易控智驾的发展历史：**易控智驾成立于2018年，是一家专注于矿用车无人驾驶技术的高新技术企业。公司的核心既有来自于知名高校无人驾驶车队的硕博士，也有来自车企的智能专家，还有来自于露天设计研究机构的智慧矿山专家。易控智驾的团队拥有丰富的无人驾驶系统研发，矿用卡车调度监控平台开发等经验，致力于绿色矿山，智慧矿山的建设。



亿欧智库：易控智驾的发展历程及重大事件

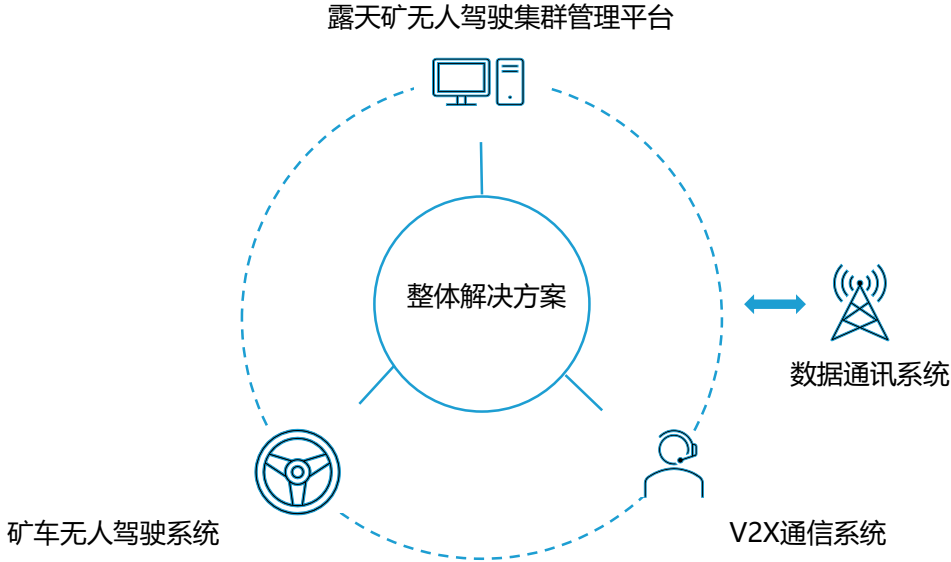
亿欧智库：易控智驾核心团队

- 2018年5月，易控智驾成立。
- 2019年，开始矿区无人驾驶真实工矿测试，完成无人驾驶智能调度平台“蜂群指挥官”的上线，并获得辰韬资本的6000万人民币的天使轮融资。
- 2020年6月，易控智驾投入无人驾驶车辆达到12台。并在同年获得兴杭国投的数千万Pre-A轮投资，以及蔚来和斯道资本的数千万A轮投资。

- 蓝水生先生是连续创业成功者，担任宝通科技股东。值得一提的是宝通科技为矿用设备运输设备生产商，也是国家能源集团A类供应商，并且BHP也是该公司的重要客户。
- 张磊先生是易控智驾的联合创始人及产品副总裁。张磊先生拥有两年矿山智能化工作经验，曾经担任宇通自动驾驶部门负责人并负责过新能源车型的开发。
- 林巧先生是易控智驾的技术副总裁。林巧毕业于浙江大学，获得光电博士学位。曾作为主要人员之一，负责某型号火箭控制系统的总体设计，并实现了该型号的首次飞行成功。除此之外，作为阿里菜鸟网络ET实验室早期员工，林巧先生参与完成了末端无人物流车的研发以及落地运营。
- 孙庆山先生是易控智驾的露天矿总工程师。孙庆山的主要研究方向是露天爆破工程，露天采矿工程，露天数字化以及露天智能化的应用研究，曾主持参与完成科研项目30余项。

◆ **易控智驾的技术体系与落地方案：**易控智驾的整体解决方案由地面管理与监控系统组成。易控智驾自动驾驶方案主要由调度智慧监控平台、无人驾驶自卸车、通信基础设施等组成。系统搭载先进的车载传感器、控制器等，并融合现代通信与网络及其他多项技术，具备信息共享、复杂环境感知、自动化协同等功能，在两个年产均超过2000万吨的大矿区测试及运营。

亿欧智库：易控智驾总体解决方案



亿欧智库：易控智驾落地场景



- 易控智驾的车载系统融合现代通信与网络技术，实现车内网，车外网，车际网的无缝衔接，具备信息共享，复杂环境感知，智能化决策，自动化协同等控制功能，与智慧矿山和设施组成的运输系统，实现“安全，高效，减人，节能”运输。

- ◆ **伯镭科技的发展历史：**伯镭科技成立于2015年，致力于移动机械的智能化，通过智能控制以及云计算等相关技术赋能传统行业，打造企业级智能化运营解决方案。伯镭科技研究多种机器的互联互通并实现集群化智能化作业以及机器所采集的数据价值的挖掘，致力于帮助顾客轻松的采集，分析信息。

BOONRAY
伯 镭 科 技

亿欧智库：伯镭科技的发展历程及重大事件

- 2015年7月，伯镭科技成立。
- 2017年，获评 2017 Venture50中国最具有价值企业新芽榜50强。
- 2019年3月，在洛阳钼业打造完成30辆规模的自动驾驶矿车车队，实现自动驾驶商业落地。并在5月，获得拓金资本数千万元的投资。
- 2020年3月，成为华为“5G+智能矿山”业务自动驾驶方案供应商，并在10月与潍柴特车达成合作，在扬州建成矿车自动驾驶测试基地。

亿欧智库：伯镭科技核心团队



胡心怡先生是伯镭科技的创始人兼CEO，毕业于上海交通大学密西根学院，并拥有中国国际工商学院的MBA学位。曾任职博世，丹纳赫等世界500强高管，被评选为上海“千帆行动”青年企业家。



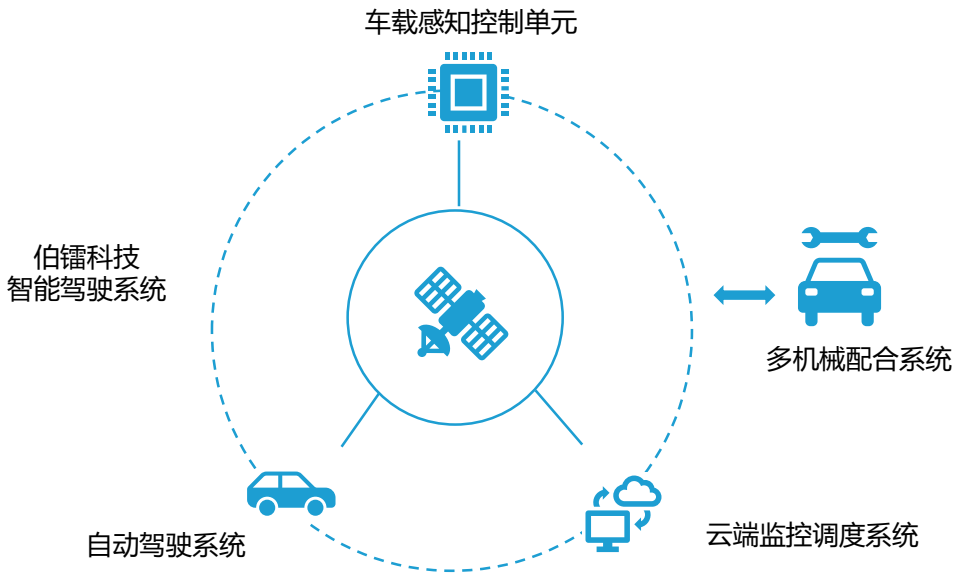
杨扬先生是伯镭科技的联合创始人兼CTO，毕业于上海交通大学，并获得机器人学博士学位。已发表10余篇学术论文，获得5项发明专利，7项实用新型专利。



曹其新教授担任伯镭科技的技术顾问，现任上海交通大学生物医学制造与生命质量工程研究所所长。其研究领域为泛在机器人技术以及机器人组件化与中间件技术等。

◆ **伯镭科技的技术体系与落地方案：**伯镭科技拥有成熟的自动驾驶技术、泛在机器人技术以及工业物联网技术。自动驾驶技术帮助企业提供工程车辆在全场景，全天候的自主路线规划，用最佳路线实现高效安全的运营。泛在机器人技术帮助伯镭科技在多种机械协作配合上提供最佳解决方案。工业物联网技术提供软硬件一体的全栈解决方案，打造“云端大脑”。伯镭科技已在多个矿区完成了多个无人驾驶项目，包括洛阳钼业三道庄矿区、酒钢集团西沟矿和内蒙古黄河能源乌海智能矿山。

亿欧智库：伯镭科技总体解决方案



- 伯镭科技自主研发的自动驾驶算法，车载感知控制单元以及云端监控系统具备兼容性，可适配非公路车型，并且同时具备系统全程升级能力，在未来可持续升级更多自动驾驶功能，适合更多应用场景。

亿欧智库：伯镭科技落地场景分布



*地图素材来源于国家测绘局
审图号：GS(2008)1503号

Source: 专家访谈，伯镭科技官网



Part 4. 中国矿区自动驾驶的未来展望

The Outlook of Autonomous Driving in China `s Mining Area

◆ 矿区无人驾驶未来会建立智能矿山结构，与矿区内其他的设备形成协同作用，这要求自动驾驶服务商提供完整的服务方案。在未来，智能矿山需要实现矿山全时空多源信息实时感知，生产现场全自动化作业，搭建全流程的人-机-环-管数字互联高效协同运行；矿区自动驾驶服务商在完成难度较大的运输环节自动化后，将有机会深入其他环节，实现全矿区的自动化、智能化解决方案。

亿欧智库：露天矿智能化系统



- 单一的提供自动驾驶服务商将不能满足矿主的需求。在未来，在矿区场地上需要服务商完成收集矿区信息，建立从地址勘探到运输的全流程的任务。实现煤矿生产过程智能化运行。亿欧预测到2025年，大型煤矿与灾害严重的煤矿基本实现智能化。到2035年，实现全煤矿将实现智能化。

亿欧智库：能源集团矿区智能系统案例

- 准能集团利用数字矿山项目新建或整合了60多个信息系统，报告集中统一的“数据中心”。形成了数据的共享和高效利用，实现了公司生产、安全、经营、机电、技术等各个管理领域的信息化全覆盖。
- 准能集团在露天煤矿的穿、采、运、排各个环节，建立了自动采集、监测和智能调度等系统，初步实现了原煤生产、洗选装车、铁路发电、辅助生产等全产业链的一体化联动管理，实现生产现场无人或少人，作业人员减少350人，大型设备的利用效率提升3%，物料消耗成本降低2元/吨。



数据中心



监控智能调度系统



作业人员



350人



利用效率



3%



材料成本



2元/吨

- ◆ 无驾驶舱的自动驾驶运输矿车是自动驾驶技术与整车生产技术高度融合发展的产物，是矿区自动驾驶车型最可能的发展方向。无驾驶舱的运输车型除了从根本上实现“无安全员”外，其稳定性、环境适应性、运输效率都比现有车型有更好的实现效果。这一类车型的出现或许可产生矿区自动驾驶的造车新势力，将改变现有以宽体车和刚性矿卡为主的市场格局。

亿欧智库：无驾驶舱形态运输车



(图为小松披露概念图)



(图为小松披露概念图)

- 无人驾驶舱的应用可以避免车辆侧翻并保障在其他安全问题发生时驾驶员的生命安全。
- 无人驾驶舱矿车的另一个优点是减少更多行驶过程中的时间，重量也可以均匀地负载在4个轮子上，且在更危险的环境里适应性更好。
- 无人驾驶舱矿车在2016年由小松披露，并在持续推进这种形态的商业化。这种矿卡形态可以将原本驾驶舱的重量转移到负载更多重量的矿物，实现运输效率的最大化。

- ◆ 本报告的调研、撰写过程得到矿区自动驾驶产业界的大力支持，在此特别鸣谢各位企业、组织和专家（排名不分先后）：
- 慧拓智能、踏歌智行、易控智驾、伯镭科技、盟识科技、拓疆者等企业CEO、技术、产品及市场相关专家.....
 - IntelMining智能矿业相关专家.....
 - 北方股份、同力重工、卡特彼勒相关专家.....

◆ 团队介绍：

亿欧智库（EqualOcean Intelligence）是亿欧EqualOcean旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。

亿欧智库长期深耕科技、消费、大健康、汽车、产业互联网、金融、传媒、房产新居住等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。

以专业为本，借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧EqualOcean内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。

◆ 报告作者：



吴郭威

分析师

wuguowei@iyiou.com



施展

研究经理

shizhan@iyiou.com

◆ 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。

◆ 关于亿欧：

亿欧EqualOcean是一家专注科技+产业+投资的信息平台和智库；成立于2014年2月，总部位于北京，在上海、深圳、南京、纽约有分公司。亿欧EqualOcean立足中国、影响全球，用户/客户覆盖超过50个国家或地区。

亿欧EqualOcean旗下的产品和服务包括：信息平台亿欧网（iyiou.com）、亿欧国际站（EqualOcean.com），研究和咨询服务亿欧智库（EqualOcean Intelligence），产业和投融资数据产品亿欧数据（EqualOcean Data）；行业垂直子公司亿欧大健康（EqualOcean Healthcare）和亿欧汽车（EqualOcean Auto）等。

◆ 基于自身的研究和咨询能力，同时借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势；亿欧EqualOcean为创业公司、大型企业、政府机构、机构投资者等客户类型提供有针对性的服务。

◆ 创业公司

亿欧EqualOcean旗下的亿欧网和亿欧国际站是创业创新领域的知名信息平台，是各类VC机构、产业基金、创业者和政府产业部门重点关注的平台。创业公司被亿欧网和亿欧国际站报道后，能获得巨大的品牌曝光，有利于降低融资过程中的解释成本；同时，对于吸引上下游合作伙伴及招募人才有积极作用。对于优质的创业公司，还可以作为案例纳入亿欧智库的相关报告，树立权威的行业地位。

◆ 大型企业

凭借对科技+产业+投资的深刻理解，亿欧EqualOcean除了为一些大型企业提供品牌服务外，更多地基于自身的研究能力和第三方视角，为大型企业提供行业研究、用户研究、投资分析和创新咨询等服务。同时，亿欧EqualOcean有实时更新的产业数据库和广泛的链接能力，能为大型企业进行产品落地和布局生态提供支持。

◆ 政府机构

针对政府类客户，亿欧EqualOcean提供四类服务：一是针对政府重点关注的领域提供产业情报，梳理特定产业在国内外的动态和前沿趋势，为相关政府领导提供智库外脑。二是根据政府的要求，组织相关产业的代表性企业和政府机构沟通交流，探讨合作机会；三是针对政府机构和旗下的产业园区，提供有针对性的产业培训，提升行业认知、提高招商和服务域内企业的水平；四是辅助政府机构做产业规划。

◆ 机构投资者

亿欧EqualOcean除了有强大的分析师团队外，另外有一个超过15000名专家的资源库；能为机构投资者提供专家咨询、和标的调研服务，减少投资过程中的信息不对称，做出正确的投资决策。

◆ 欢迎合作需求方联系我们，一起携手进步；电话 010-57293241，邮箱 hezuo@iyiou.com



 亿欧智库

网址: <https://www.iyiou.com/research>

邮箱: hezuo@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

查看更多研究报告请访问亿欧网
www.iyiou.com

- 更有超多垂直领域研究报告免费下载 -



扫码添加小助手
加入行业交流群

