

封闭场景自动驾驶中运营商 机会分析和启示

中国移动研究院 战略与产业研究所

2020 年 4 月

摘要

2020 年，Waymo、小马智行等多家自动驾驶公司获得大额投资，且投资方中出现了丰田、博世等传统汽车巨头；与此同时，2 月份美国加州公布了《2019 年自动驾驶接管报告》，第一名百度已经达到了每 1.8 万英里人工接管一次的水平，种种迹象表明 2020 年可能是自动驾驶突破的关键之年。

相对于开放、高速、载人的场景，自动驾驶对于封闭、低速、载物的场景是一种“降维打击”。目前自动驾驶在矿区、港口、机场、园区、农业等场景已经具备了商业化的条件，而这些领域也是 5G toB 业务的重要方向，本篇报告重点关注矿区、港口、机场。

矿区方面，在技术逐渐成熟、人工成本攀升、招工困难等多方面因素的影响下，自动驾驶发展迅速，预计中国所有露天矿区的矿料运输成本为每年 5000 亿，司机工资为 500 亿，从替代人工的逻辑预计矿区自动驾驶的市场空间在数百亿，运营商市场为数十亿；港口方面，港口自动化由来已久，但新兴的无人驾驶集卡的技术路线相较于传统 AGV 模式优势明显，预计未来自动驾驶市场空间上百亿，运营商市场上十亿；机场方面，全球范围内自动驾驶落地刚刚开始，预计未来市场空间在 200 亿以上，运营商市场为数十亿。

自动驾驶技术因为软件开源和硬件供应链开放的原因，项目团队认为最终各家方案商技术水平差距会比较小，公司核心竞争力体现在对场景的理解、客户资源等方面，未来不同场景可能会出现不同的细

分市场龙头，而且主要是新兴的中小企业。大型 ICT 企业在定制化服务水平、响应速度、激励机制方面并无优势，成为整体解决方案商的难度较大。

运营商作为深耕 ICT 领域的大型央企，有责任也有能力在封闭场景自动驾驶领域中发挥促进作用：一是在矿山、港口、机场等场景积极切入，快速推进 5G 专网产业链成熟；二是通过股权投资等方式扶持方案厂商。

一、2020 年可能是自动驾驶突破的关键之年

技术进步方面，2019 年全球主要自动驾驶企业进展迅速。2020 年 2 月份美国加州车辆管理局公布了《2019 年自动驾驶接管报告》，报告共统计了 36 家无人车公司，前四名公司的 MPI¹指标均超过了 1 万英里，相比 2018 年均大幅提升，其中百度和 AutoX 增长超过了 50 倍。虽然报告的数据来源是各家企业自己上报，横向对比的客观性广受质疑，但仍然可以看出全行业技术进步明显，在美国驾驶员平均行驶 16.5 万英里会出一次小事故，如果用 MPI 指标进行对比，未来的 1-2 年的时间里自动驾驶水平有可能将超越人类。

表格 1 《2019 年自动驾驶接管报告》中的部分数据

	2019MPI	2019MPI/2018MPI	Milages in CA ²	备注
Baidu	18050	88.33	108300	百度，中国公司
Waymo	13219	1.19	1454137	Alphabet（谷歌）旗下
GM Cruise	12221	2.36	831040	通用旗下
AutoX	10684	56.35	32052	中国公司
Pony	6476	6.37	174845	小马智行，中国公司

数据来源：美国加州车辆管理局

¹ Miles Per Intervention（每次干预英里数），即平均汽车跑多少公里需要人工接管一次。

² 在加州测试的总英里数

商业落地方面，2019 年自动驾驶进展迅速。2019 年，Waymo 提供的自动驾驶出租车业务载客次数超过 10 万次，且多方信息显示 Waymo 正在考虑去掉车上的安全员；国内方面，截至 2019 年底，百度已经在 23 个城市获得了 150 张测试牌照，文远知行在自动驾驶出租车领域的商业化落地也非常迅速。矿区、港口等封闭场景的自动驾驶也基本完成了商业验证的阶段，处于持续渗透的阶段。

投融资方面，2020 年自动驾驶企业频繁获得大额融资。2019 年整个宏观经济和资本市场环境较差，一些自动驾驶方面的负面信息开始出现，但 2020 年以来头部自动驾驶企业密集获得大额融资，而且投资方出现了丰田汽车、博世中国等传统汽车巨头，所谓“春江水暖鸭先知”，汽车巨头的行为一定程度上证明了自动驾驶的“奇点”已经临近。

表格 2 2020 年部分自动驾驶公司融资情况

时间	公司	投资方	金额
2020-01	Autox	宏兆基金、潮汕资本	数千万美元
2020-02	小马智行 Pony.AI	丰田汽车、蔚来资本	5 亿美元
2020-02	驭势科技	博世中国、中金资本、深创投	亿元以上人民币
2020-03	Waymo	Alphabet 及多家北美投资机构	22.5 亿美元
2020-03	滴滴-自动驾驶部门	软银	3 亿美元
2020-04	赢彻科技		1 亿美元

数据来源：媒体公开报道

相对于开放、高速、载人、自由路线的场景，自动驾驶对于封闭、低速、无人、固定路线的场景是一种“降维打击”。随着技术的突破，自动驾驶在矿区、港口、机场、园区、农业等场景已经具备了商业化

的条件，而这些领域也是 5G toB 业务的重要方向，本篇报告重点关注矿区、港口、机场。

二、矿区自动驾驶发展现状

1、矿区自动驾驶受市场和技术的共同驱动，发展迅速

矿区属于典型的封闭、低速、载物、固定线路的场景，非常适合自动驾驶的应用。在过去的 10 年里，很多国际矿业巨头一直在矿车自动驾驶方面进行探索，例如，澳大利亚铁矿石出口商 FMG 集团从 2012 年开始使用卡特彼勒提供的自动驾驶矿车，截至 2019 年 9 月，FMG 已经拥有 137 台自动驾驶矿车，累计行驶了 3350 万公里，累计运输过 10 亿吨矿石物料，生产效率比传统人工运输提升了 30%¹。

相比国际，中国矿区的自动驾驶起步比较晚，背后原因主要是技术不够成熟、成本居高不下、中国人工成本低廉等因素。近年来，中国劳动力成本不断提升，2019 年矿区司机月工资已经达到了 1.5 万左右的水平，而且矿区工作条件恶劣，司机很容易患尘肺病等职业疾病，大部分年轻人不愿意做矿卡司机，矿区急需解决招工难的问题。与此同时，自动驾驶技术突飞猛进，市场与技术的双重推动使得自动驾驶在矿区快速落地。

中国每年露天矿运输的市场空间在数千亿，矿区自动驾驶方案规模在数百亿。矿石运输的主要成本是车辆折旧、燃料、司机工资等，

¹ 数据来源于 FMG 对外公开披露 (<https://dwz.cn/9xZvlBRn>)，效率的提升主要是无人驾驶矿车可以全天 24 小时工作，没有司机吃饭休息的停工时间，而且自动驾驶更加平稳，油耗、车辆维修、轮胎磨损方面都有成本上的下降；另外，2018 年中国全年煤炭开采量为 35 亿吨，对比 FMG 的累计运输量，可以看出矿车自动驾驶技术已经比较成熟。

以露天煤矿为例，根据行业内人士经验数据¹，中国露天煤矿年产量 10 亿吨，按剥采比 10 比 1 计算，运输量在 100 亿吨以上，平均每吨运输价格 6-10 元，总运输规模为 1000 亿左右，司机人员工资为 100 亿以上。按照同样的逻辑测算有色金属、建材等品种，预计中国所有露天矿区的矿料运输成本在 5000 亿左右，司机工资在 500 亿左右。从替代人工的逻辑预计矿区自动驾驶的市场空间在数百亿，同时如果考虑自动驾驶在油耗、轮胎磨损等方面的优势，市场空间可能会更大。

2、矿区自动驾驶市场的参与者众多，方案商是核心

矿区自动驾驶市场的核心是方案厂商，因为实现矿区自动驾驶不仅需要可自动驾驶的车辆，还需要通信网络和后台调度监控系统（如下图），方案厂商可以整合不同供应商，为矿主提供一站式服务，中国矿区目前智能化程度较低，还没有出现市场份额很高的强势方案商，目前自动驾驶方案厂商以初创的中小公司为主，除方案商外，其他参与方还包括矿车厂商、高精地图厂商、通信设备商、运营商等（如表格 3）。

图表 1 慧拓无限的矿山生产管理系统示意图



¹ 数据来源：36 氪媒体采访业内人士数据，<https://36kr.com/p/5257747>

表格 3 矿区自动驾驶主要参与方及其主要价值

参与方	矿山企业	矿区自动化方案厂商	矿车厂商	高精地图厂商	通信设备商	运营商
典型代表	包钢、国家电投	慧拓无限、踏歌智行、希迪智驾、易控智驾、伯镭科技、拓疆者、盟识科技	北方股份 中国重工 同方股份	思地三维	华为 中兴	中国移动 中国联通 中国电信
价值	甲方	改装车辆（算法、硬件）、开发软件系统、整合方案、持续运营	提供矿车、宽体卡车	绘制并维护矿区地图	提供通信设备	提供频谱、建设并维护网络

3、运营商的主要价值是提供网络，市场规模在几十亿元量级

在矿区自动驾驶的整套方案中，运营商的价值主要是提供网络。2019 年内蒙古移动和方案商慧拓无限合作是一个非常典型的成功案例，而且入选了央视科教频道的《创新进行时》。上述案例中因为车辆的高清视频上传云端需要的较高带宽，同时云端计算后下发指令要求较低时延，所以具有高带宽、低时延、支持边缘计算结构的 5G 网络是最好的选择。

车路协同的云端计算和车辆自主智能的终端计算一直是自动驾驶领域同步推进且互相竞争的两条技术路线，云端计算对网络的要求高，5G 的不可替代性较强，终端计算对网络的要求低，可选择的网络通信技术较多。

总的来看，矿区自动驾驶的市场规模在数百亿量级，但运营商提供的网络在价值链中占比较低，预计在整套解决方案中的价值占比为 10% 左右¹，对于运营商而言，矿区自动驾驶的市场空间在几十亿元量

¹麦肯锡的研究显示，物联网产业链上感知层占比 21%、传输层占比 10%、平台层占比 34%、应用层占比 35%；传输层即指通信网络，不同场景、不同技术路线对通信网络的带宽、时延、可靠性要求不同，通信网络的价值占比也就不同，这里项目团队取约数 10%，仅为说明运营商市场规模的量级，下文中港口和机场的处理方法与此相同。

级。

三、港口自动驾驶发展现状

1、港区自动化由来已久，集卡无人驾驶方案优势明显

港口场景因为效率要求高，标准化程度高，自动化改造由来已久。从 1993 年世界第一个自动化集装箱码头在荷兰鹿特丹港投入运行以来，港口自动化的探索已经持续了近 20 年。与矿区类似，中国“无人港口”起步较晚，但是追赶速度很快，2014 年，厦门港率先建成了我国第一个全自动化集装箱码头；2017 年全球单体最大、自动化程度最高的上海洋山港四期开港运营，众多媒体报道也使得洋山港的知名度很高；2020 年由天津港集团、主线科技、中国重汽携手打造的无人驾驶电动集卡（集装箱卡车），已经在规模化应用上实现了重大突破。

从目前发展来看，港口自动驾驶有 AGV 和集卡无人驾驶两种技术路径，后者优势明显。AGV 磁导航模式模式相对传统，技术更加成熟，但是需要铺设磁钉等设备，上海洋山港就是典型案例，洋山港在地底埋了 6 万根磁钉进行导航定位，平均每两米一个，分布类似一个围棋棋盘，整体方案由振华重工和上港集团设计和建造。AGV 模式的缺点是针对老港口的升级不适用，因为港口全年全天无休，无法停业几周来铺设磁钉；同时，AGV 车基于特殊车辆平台打造，未能形成规模效应，单车成本在每台 400 万以上¹，成本较高。集卡无人驾驶模式采用激光雷达、GPS、摄像头等传感器来感知和定位，不需要埋设

¹ 数据来源：车辆成本、港机市场份额等数据均来自《历史进程中的港口：自动驾驶“精密起舞”》（汽车之家）

磁钉，新老港口都适用，天津港是典型案例，同时集卡基于通用卡车平台打造，单车成本较低。整体来看，集卡无人驾驶模式的优势明显。

中国港口自动驾驶的市场规模为百亿元级别。据统计，国内港口集卡超过了 2 万辆，以每台集卡配 3 名司机（三班倒），每名司机年成本为 30 万元¹来测算，国内港口集卡司机的年成本为 180 亿元。与矿区的逻辑类似，港口无人驾驶市场规模为百亿元级别。

2、港口自动驾驶的参与方中港机巨头或港口公司是核心

港口自动驾驶的参与方分工和地位跟矿区自动驾驶情况有较大不同。因为港口自动化是一个系统工程，需要桥吊、轨道吊、AGV 或集卡等多个设备联动，而且港口自动化由来已久，很多环节早已实现自动化，TOS（码头管理系统）等后台管理系统也比较成熟，港机设备龙头振华重工在全球的市场占有率已经高达 80% 以上，这种情况下主攻自动驾驶技术的方案公司大多无法成为港口自动化的整体解决方案供应商，大多自动驾驶方案都是被振华重工等传统设备商或者港口公司本身集成到原有 TOS 系统当中。

表格 4 港口自动驾驶领域部分参与方

	港口	设备厂商	自动驾驶方案	技术路径
洋山港	上港集团	振华重工	西井科技、主线科技	AGV
天津港	天津港	中国重汽	主线科技	集卡无人驾驶
珠海港	珠海港	振华重工	西井科技	集卡无人驾驶
北方某港口			图森未来	集卡无人驾驶

注：天津港的以无人驾驶电动集卡为重要创新点的“智慧港口 5G&MEC 智能集卡应用示范”项目，在首届“世界 5G 大会——5G 应用设计揭榜赛”中荣获一等奖。

在港区自动化的过程中，运营商主要是提供通信网络，按照矿山

¹ 考虑到大型港口主要分布在东部沿海发达城市，人工成本较高，同时港口集卡司机工作强度较大，按人均成本每年 30 万进行测算，金额中包含港口公司为员工缴纳的五险一金等成本。

场景同样的测算逻辑，预计在港口自动驾驶领域中，运营商能切分到的价值为每年十亿元级别。

四、机场自动驾驶发展现状

1、机场自动驾驶领域发展较晚，近期将快速落地

相较于矿区和港口，机场自动驾驶起步较晚，落地比较慢。一是因为机场车辆很多是运送旅客和机组人员，比起主要是运送货物的矿区和港口，标准化程度低，安全性要求高，而且更加注重客户体验而非降低成本；二是因为航空业的高速发展以及机场的区域垄断特点，多年来机场运营公司大多盈利状况良好，压缩成本的动力不强。据ACI（国际机场理事会）报告，2017年以来全球范围内自动驾驶技术才开始逐步应用到机场，具体包括乘客摆渡车、清扫车、泊车机器人等应用场景。

中国企业在机场自动驾驶领域的探索全球领先。2019年12月，中国自动驾驶企业驭势科技在香港国际机场投入了“拿掉安全员”的无人物流车，用于旅客的行李运输，该项目在正式运营前已经经历了1年半的技术研究和实地测试。项目团队认为“拿掉安全员”之后才能真正为机场实现“降本增效”，是机场自动驾驶商用化的里程碑。该物流车设计了较多的安全冗余，其中最重要一层冗余就是远程监控和控制，在紧急情况下运营人员可以远程接管，远程控制中低时延和高可靠的要求使得采用5G网络的必要性大大增强。

2、机场自动驾驶产业链还未明晰，预计市场规模在200亿以上

目前机场的自动驾驶发展还属于早期，案例较少，产业链还不清晰，目前主要是如驭势科技之类的创业公司和机场合作完成技术验证，部分案例中还有一些车辆的主机厂的参与，运营商主要是提供网络支持。

据中国民用航空局统计，截至 2018 年底中国共有颁证运输机场 235 个。根据媒体信息，行业内人士估计平均每个机场有上千台车¹，包括行李牵引车、飞机引导车、空乘人员摆渡车、乘客摆渡车等。项目团队保守粗略估算，按 200 个机场，平均每个机场 500 辆车，每车 3 个司机，每个司机年成本 15 万元²计算，中国每年机场司机成本为 450 亿。按照自动驾驶替代人工的逻辑，同时考虑部分载人车辆短期内实现自动驾驶比较困难，项目团队预计机场自动驾驶的市场规模为 200 亿以上，运营商网络收入规模在数十亿量级。

五、运营商机会分析及启示

1、封闭场景自动驾驶未来市场格局及运营商竞争力分析

预计未来各个细分场景最终都会出现几个细分市场龙头。考虑到自动驾驶技术软件开源程度较高，硬件的供应链也比较开放，项目团队认为在技术门槛较低的封闭场景下，最终各家方案公司的自动驾驶技术水平的差距会比较小，决定企业竞争力的因素更多的是对场景需求的理解、技术秘密（know how）的掌握、商务销售能力、客户资源、成本控制水平等。自动驾驶技术的标准化程度高，跨行业复用比较容

¹ 数据来源：36 氪媒体采访业内人士数据，<https://36kr.com/p/5303101>

² 因为很多机场分布在欠发达城市，而且机场运输司机的劳动强度远低于港口和矿区，所以人员成本相应缩减。

易，但是场景理解、商务能力是“隔行如隔山”，方案公司跨场景拓展难度较大。因此项目团队认为未来矿区、港口、机场等不同场景将出现不同的细分市场龙头，而且矿区和机场的方案商很可能以新兴中小企业为主。

以运营商为代表的大型 ICT 企业在订制化服务水平、响应速度、激励机制方面并无优势，成为整体解决方案商的难度较大。

2、运营商有责任也有能力在封闭场景自动驾驶领域中发挥促进作用

运营商作为深耕 ICT 领域的大型央企，有责任也有能力在封闭场景自动驾驶领域中发挥促进作用：

一是在矿山、港口、机场等封闭场景积极切入，快速推进 5G 专网产业链成熟。积极切入是指主动与自动驾驶方案商密切合作，近期疫情使得矿区、港口和机场对自动化无人化的诉求大大加强，预计疫情之后自动驾驶的应用会加速落地，运营商需要抓住机遇，具体措施如主动提供 5G 网络试验条件、提高建网效率和需求响应速度、适当让利和提供账期等，以此促进 5G 网络在封闭场景自动驾驶中的应用；推进产业链成熟是指推进网络的可靠稳定和成本下降，以此降低封闭场景自动驾驶的实现成本。

二是通过股权投资等方式扶持方案厂商。矿山和机场的场景中自动驾驶方案商是核心，而且整体解决方案很可能是新兴中小企业主导。运营商具有资金雄厚和信誉优良的特点，用股权投资的方式与方案厂

商合作，一是可以帮助中小厂商解决资金短缺的问题；二是运营商可以形成智慧矿山、智慧港口的解决方案能力，一站式为客户提供云、网、边、端、运营等产品和服务。

表格 5 部分封闭场景自动驾驶公司近期融资信息

主 要 场 景	公司名称	时间	轮次	金额	投资方
矿区	慧拓智能	2020-03	A+轮	1 亿元	凯辉基金等
矿区	踏歌智行	2019-09	A+轮		亦庄国投等
矿区	易控智驾	2019-07	天使轮	6000 万元	兴韬投资
机场	驭势科技	2020-02	战略投资	亿元以上	博世、深创投等
港口	主线科技	2019-09	A+轮		博世等
港口	图森未来	2019-09	D+轮	1.2 亿美元	鼎辉等
港口	西井科技	2019-03	B 轮		十维资本等

数据来源：媒体公开披露