

智慧港口视觉分析技术 研究报告

(2021 年)

中国移动研究院

前 言

港口在国际贸易和地区发展中都有着举足轻重的作用。据统计，全球有大约 90% 的贸易都是通过海运来完成的，因此港口已经成为了各个国家经济发展的核心基础。随着时代和科技的发展，各国港口也历经了工业化，信息化和自动化的不同发展阶段。在人工智能大发展的时代背景下，港口也在人工智能，大数据，新一代移动通信的技术的助推下实现智慧化的转型。

本白皮书对智慧港口中视觉分析技术的发展趋势和应用进行了研究分析，提出了视觉分析技术在智慧港口不同生产环节中的落地方案，希望能够为视觉分析技术在智慧港口中进一步发展和应用提供参考和指引。

本白皮书的版权归中国移动研究院所有，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本建议之部分或全部内容。

目 录

目 录.....	1
1. 智慧港口发展情况.....	2
1.1 背景	2
1.2 智慧港口建设中新技术的应用	3
1.3 中国智慧港口的发展	4
2. 人工智能发展情况.....	4
2.1 人工智能现状	5
2.2 中国人工智能行业发展	6
3. 智慧港口中的视觉分析技术应用.....	7
3.1 智能理货	7
3.2 自动驾驶	7
3.3 智能安防	8
3.4 司机行为分析	9
4. 未来展望.....	9
缩略语列表.....	11
参考文献.....	12

1. 智慧港口发展情况

1.1 背景

港口是国际贸易的核心。在 2020 年新冠疫情的背景下，依然有大部分港口保持了吞吐量的增长，这体现了港口在国际贸易中的作用。然而，新冠疫情中港口效率的降低使得目前发生了集装箱短缺的危机。这表明通

过智能化、自动化来提升港口的运行效率，向港口使用者提供更丰富的个性化服务将是未来港口发展的方向。目前，中国贸易总量已经超越美国成为世界第一，港口吞吐量依然在持续高速攀升。但是中国的码头自动化和智能化依然处于初级阶段，大量港口亟需智能化改造。

表 1：2020 年全球港口集装箱吞吐量 TOP20

排名	港口	2020年	同比增速	2019年	同比增速
1	上海港	4350	0.4%	4331	3.1%
2	新加坡港	3687	-0.9%	3720	1.6%
3	宁波舟山港	2872	4.3%	2753	4.5%
4	深圳港	2655	3.0%	2577	0.1%
5	广州港	2317	1.5%	2283	5.7%
6	青岛港	2201	4.7%	2101	8.8%
7	釜山港	2181	-0.8%	2191	1.1%
8	天津港	1835	6.1%	1730	8.1%
9	香港港	1796	-1.9%	1836	-6.3%
10	鹿特丹	1434	-3.2%	1481	2.1%
11	迪拜港	1349	-4.4%	1411	-5.6%
12	巴生港	1324	-2.5%	1358	10.3%
13	安特卫普	1202	1.4%	1186	6.8%
14	厦门港	1141	2.5%	1112	3.9%
15	丹戎帕拉帕斯	980	8.0%	908	1.3%
16	高雄港	962	-7.7%	1043	-0.2%
17	洛杉矶港	921	-1.3%	934	-1.3%
18	汉堡港	850	-7.9%	926	6.1%
19	长滩港	811	6.3%	763	5.7%
20	纽约/新泽西港	759	1.5%	747	4.1%

单位：万 TEU 数据来源：上海国际航运研究中心

近年来，物联网（IOT），第五代

移动通信技术（5G），人工智能（AI）

和区块链（Blockchain）等高新科技被应用于整合港口及物流系统、优化港口运行效率、加强港口安全防护。其中人工智能技术得益于芯片技术的发展在近几年取得了突破性进展，在自然语言处理，图像分析等领域均表现出了高于人类的能力。然而，目前人工智能技术在港口的落地依然处于初级阶段，需要依据港口需求和港口环境进行进一步的研究发展。

攀升、劳动强度大、工作环境恶劣、人力短缺的难题，降本增效进行自动化改造成为全球港口共同的诉求。虽然目前智慧港口已经成为了港口未来发展的趋势，但是目前全球对于智慧港口的建设仍然没有统一定义和整体框架。从全球各地智慧港口的发展路径可以看到，智慧港口的建设和发展整体上遵循通过软硬件基础设施建设促进数字化信息整合及共享的原则。

1.2 智慧港口建设中新技术的应用

当前全球港口面临劳动力成本

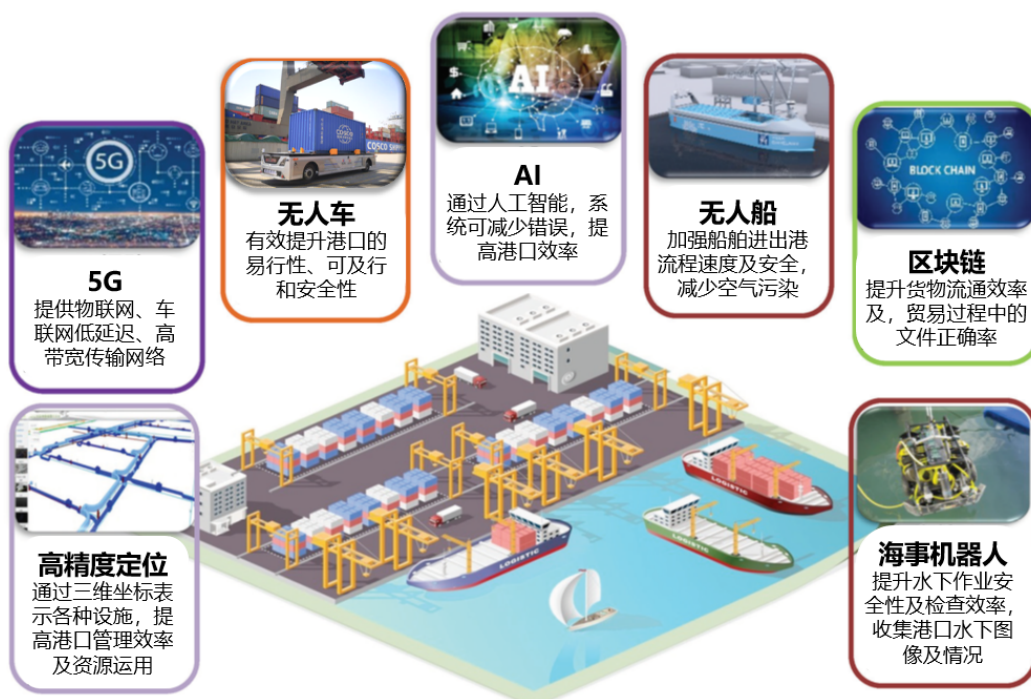


图 1：新技术在智慧港口中的应用

未来智慧港口主要通过将人工智能，物联网，区块链，5G 和无人载

具等新兴科技应用于既有的港口环境中，对现有的港口运营流程进行优

化，逐步打造高效、安全、绿色和可持续化的港口。未来，港口作业将由劳动密集型向科技密集型方向发展，集装箱卸载，港口管理和服 务转向全面自动化，智能化。由智能化港口带来的庞大数据必须采用人工智能来进行实时处理，才能满足各方对装卸、堆存、收发及受理的需求。

1.3 中国智慧港口的发展

随着经济全球化进程的加快，科技革命的迅速发展，产业结构不断升级，港口也从最初的区域间商品流通中心逐渐转型为具备货物仓储、运输贸易信息服务、货物配送等多元化服务的物流、服务、贸易及金融中心。目前集物联网、5G、人工智能和区块

链等高新科技为一体的，以数据服务及其他创新业务模式为核心的第五代智慧港口是中国港口发展的重点方向。

厦门自动化码头于 2012 年由中交集团旗下的振华重工与中远集团旗下中远太平洋合作建设，并成功商用投产。2019 年中远海洋集团与中国移动通信集团正式签订了“战略合作框架协议”。通过 5G、边缘计算、人工智能、高精度定位等技术打造智慧港口全业务场景，场景覆盖港机远控、自动驾驶、智能理货、智能安防和司机行为分析等典型应用。厦门智慧码头投入商业运营以来，实现安全“零”事故，箱量、工作效率和经济效益提速亮眼。

2. 人工智能发展情况

从 2010 年至今，深度学习算法的快速发展极大地提升了人工智能的相关能力，使得人工智能得到了蓬勃发展。随着芯片、云计算技术发展带来的算力提升，物联网、大数据技术发展带来的数据爆发，人工智能技术也渗透到了各行各业。人工智能的各种应用正在逐渐从实验室走向商业化场景，尤其在零售、交通、金融、

教育和医疗等领域，人工智能技术的应用已经产生了明显的商业效应。这些领域也成为了人工智能首先落地的场景，市场规模、企业数量和投资额度都有着明显的增长。

然而，目前人工智能应用受限于特定场景，并且需要大量的手工数据标注，主要解决特定领域的特定问题。距离真正实现类似人脑的，具有自主

学习能力的通用人工智能仍然有很长的距离。对于复杂问题的处理和分析，目前的人工智能技术依然力有未逮。从现实角度来讲，随着应用领域的拓展，大量数据集的收集和标注，各种新型人工智能算法的不断发展，人工智能技术与边缘计算、5G、区块链的逐渐融合必将催生出人工智能在多元化的应用场景中不断落地。

2.1 人工智能现状

目前人工智能技术主要集中在四个领域：自然语言处理(NLP)，计算机视觉(CV)，智能语音和知识图谱。自然语言处理主要研究人类如何与计算机通过自然语言进行沟通和交流，需要通过语言表达，语言建模，机器翻译，语言生成等技术实现。计算机视觉主要通过模仿人类的视觉系统来获取近似于人类的获取、认知和理解分析图像和视频的能力，主要通过图像分类，目标检测，目标跟踪和内容理解等技术来实现。智能语音则是通过分析理解合成人类的语音从而达到机器人与人类进行语音交流的过程，主要通过语音识别，语音合成和语音测评技术来实现。知识图谱将知识通过节点和关系以网状形式呈现出来，可以用于挖掘不同领域

的融合关系。

目前专用型的人工智能已经覆盖了许多不同的商业化场景应用，其中消费领域的人工智能应用是商业化的主流。伴随着产业升级，人工智能+产业正在成为未来深耕发展的方向，通过人工智能赋能以制造业，交通业为代表的传统产业为人工智能的商业化发展带来了新的机遇。

人工智能对于产业的驱动主要通过以下四个方向来实现：

（一）对劳动力的赋能和替代，提高生产效率

人工智能最直接的应用在于自动实现，除了可以替代传统自动化设备可以完成的重复性、危险性工作外，人工智能还可以完成一些复杂的、专业的、灵活的、需要一定学习能力才能完成的工作。在这些工作中，人工智能可以有效提升工作效率，降低人力开销，为企业带来明显的效益，提升企业的商业竞争力。

（二）对管理决策的智能支持和精准运营

人工智能技术可以快速处理分析海量数据，对用户进行精确画像，通过对多元异质数据进行联

合建模可以实现个性化的需求分析和管理工作。人工智能可以为企业管理者提供决策和分析建议，提升企业的管理效率，未来将成为企业管理者的标配。

（三）对资源的合理高效调动和利用

通过人工智能技术和海量数据来达到对资源的高效调动和精准配置，可以提升资本的效率、速度和准确性，将资本\资源精准地投放到关键领域。使用人工智能技术可以快速把握市场商机，降本增效提升资源利用率，同时通过风险管理达到降低风险的目的。

2.2 中国人工智能行业发展

在中国，人工智能技术的发展得到了政府的大力支持。2017 年，人工智能被首次写入到政府工作报告中，2018 年政府工作报告中提出：“发展壮大新动能。做大做强新兴产业集群，实施大数据发展行动，加强新一代人工智能研发应用，在医疗、养老、教育、文化、体育等多领域推进‘互联网+’。发展智能产业，拓展智能生活。”，2019 年的政府工作报告中，对人工智

能的描述也由“加快人工智能等技术研发和转化”、“加强新一代人工智能研发应用”变为“深化大数据、人工智能等研发应用”，可见在国家层面上，对人工智能产业的重视程度日益加深。

技术研发领域，2019 年 12 月，国家工业信息安全发展研究中心发布《人工智能中国专利技术分析报告》。报告数据显示，截至 2019 年 10 月，中国人工智能专利申请量累计 44 万余件，超越美国成为 AI 领域专利申请量最高的国家。百度、腾讯、微软、浪潮、华为专利申请数量名列前五。

在创投领域，2014-2019 年 Q3，中国人工智能行业总计共有 2845 起投融资事件发生，总计融资金额为 3583.65 亿人民币。平均融资规模除在 2016 年有所回落外，总体呈现跨越式走高之势，从 2014 年的平均融资额 0.65 亿人民币增长至 2019 年的 2.27 亿人民币，增长率达 249.23%，资金流向头部项目的趋势明显。

目前中国人工智能的发力主要集中在技术层和应用层。

3. 智慧港口中的视觉分析技术应用

目前视觉分析技术在智慧港口中的应用仍然处于初级应用阶段，主要集中在港口生产作业一线。从港口内部生产作业角度可以分为集装箱横向流转（智能理货、自动驾驶）和纵向生产管理（智能安防、司机行为分析）两个层面。智慧港口作为智慧物流的重要组成部分，未来将探索视觉分析技术在物流服务链和协同港口网上的深度应用。

3.1 智能理货

理货也称对货，港口理货是指船方或货主根据运输合同，在装运港和卸货港收受和交付货物时，委托港口的理货机构代理完成的在港口对货物进行计数、检查货物残损、指导装舱积载等工作。简单来说，主要是确认从货轮上卸下/装上的货物是否与来接货/送货的车辆信息相匹配。码头环境艰苦恶劣且风险较高，传统的基于人工的理货方式，不仅准确率低，效率低还容易发生各种风险。

而智能理货系统主要通过计算机视觉技术来识别分析集装箱的箱号、集装箱箱型、装卸提箱状态、铅

封有无、箱体残损情况等，来达到对集装箱的识别、跟踪和管理。在流程上，通过在港口岸桥上安装的高清摄像头，摄像头拍摄的高清视频通过部署在港口机房的服务器进行本地分流，实现数据不出港区。集成在边缘服务器平台的 AI 机器视觉分析应用与智能理货系统，借助服务器硬件的超大算力，完成对视频画面的智能识别。对于集装箱的各种数据和状态的识别分析准确率可以超过 95%，且识别速度很快，一秒内就能完成相关识别并自动下发确认通知给集卡司机及桥吊操作员，装卸过程无需停顿，极大地提升了集装箱的装卸效率。通过智能理货技术可以实现理货过程的全自动化，达到足不出户进行理货的目的。

3.2 自动驾驶

由于海运物流的特殊性，港口为 7X24 小时的运营模式。驾驶集卡的司机需要安排一天三班倒，即使如此，司机仍会有疲劳驾驶现象。同时，桥吊/龙门吊抓取集装箱的定向锁头与集装箱的卡孔对齐误差在厘米级，需

通过集卡精准停靠来保障，这对司机的驾驶经验和驾驶资格要求极高，因此港口集卡司机短缺的问题非常突出。

在这一场景下，基于人工智能的自动驾驶技术的优势又得以显现。基于精准定位能力及人工智能计算技术，多路高清摄像头全方位记录车内外自动驾驶画面，通过 5G 端到端切片网络实时传输至服务器端控制室，结合车路协同、高精度定位、自动指令给位等技术，可以将港区内集卡车的定位精度从米级提高到厘米级，通过集卡自动驾驶替代了传统地磁控制的远程驾驶。

目前该应用已经试验成功，并开始投产。具体应用情况如下：无人集卡自动驾驶到岸桥指定位置，分厘不差地完成停靠。待桥吊将集装箱放置在车上并确定完毕后，无人集卡自动启动，无人操控的方向盘便自动转动起来，快速识别周围的道路环境，并可以自主做出减速、刹车、转弯、绕行、停车等突发状况的各种决策，选择最优运行路线精准驶入堆场区龙门吊作业指定位置，从而实现满足港口封闭区域内水平运输的需求。

3.3 智能安防

安防系统作为智慧港口的一部分，在港口日常生产运营过程中起着举足轻重的作用。近年来在港口安防系统建设中除了常规的视频监控系统和防盗报警系统之外，还提出以下功能要求：进出港口的车辆实现智能抓拍和识别，实施轨迹分析，能掌握车辆的定位信息和所属物流单位；实现进出港车辆的驾乘人员面部识别；危险品场所的防爆等级要求；生产管理的智能安全分析，如：火灾分析、烟雾分析、禁区报警等功能需求。所有的功能需求在云计算和云存储基础之上实现协同作业，满足各个职能部门的管理需求，实现安防系统价值的最大化。

针对港口的安防系统建设，涉及到视频监控系统、报警系统、智能交通系统、人脸识别系统、智能分析系统以及物联网相关技术，这些系统技术的结合构建了新时代港口安防系统。

港口的视频监控系统包括园区监控、码头监控和堆场监控，港口监控首先必须满足全天候的需求，由于海边（或江边）多雾、潮汐、台风等特殊地理条件，由此应用在港口的监

控前端设备都要具备透雾、防浪涌等功能；其次，在港口项目中所有前端设备都要考虑到良好的防水、抗腐蚀和抗强风；另外，由于港口一般的范围都比较宽广，选择合适的物理链路可以降低后期的运维，远距离的监控点采用光纤连接，选择支持光口的前端摄像机，避免光电转换设备带来的故障节点。

港口的智能交通系统将视频监控非结构化数据变成结构化，以机动车图片抓拍、车辆号牌识别、车辆速度检测、布控比对报警、查报站出警拦截为主要目的的卡口系统在港口治安及交通管理过程中发挥了重要的作用。在港口区域集装箱车辆是非常多的，对车牌识别、人脸对比和集装箱安全管理至关重要。该系统的前端抓拍单元可以记录下车辆的车牌信息、车身颜色、通过时间、通过地点，在系统当中可以还原车辆的行车轨迹，对车辆实现时间和空间上的跟踪，同时根据车牌信息管理该车所属的物流公司；还可以清晰的记录驾驶员和副驾驶人员的面目特征，跟公

安系统中得黑名单人员进行对比识别，一旦出现黑名单人员系统会自动报警，港口公安部门可以根据报警信息关联车辆信息，对车辆进行实施布控和跟踪，极大的提高公安部门的办案效率。

3.4 司机行为分析

虽然港口内部的内集卡由于场景固定，范围较小，可以使用自动驾驶技术实现取代司机的无人驾驶。但是进行集装箱外送的外集卡依然需要通过司机进行驾驶。由于司机工作时长，操作机械流程化，容易出现犯困，打哈欠，注意力分散等现象，从而造成安全隐患。

当司机出现的犯困，打哈欠，注意力不集中等现象，可以通过在集卡车内加装高清智能采集设备对司机进行实时监测，当监测到司机出现闭眼、打哈欠、注意力分散等，通过 AI 深度学习算法，真实场景模式识别，终端设备本地会进行语音报警提醒，同时将报警证据通过 5G 网络上传至网络平台以及手机 APP 客户端。

4. 未来展望

从长期来看，驾驶员劳动力短缺、

港口降本增效、保障安全生产是推动

智慧港口建设加速的三大直接原因。智慧港口是智慧技术在港口领域的深度应用，随着人工智能、物联网、云计算、大数据及移动互联网、智能感知等新一代信息技术的引入，港口各类资源要素将实现无缝连接，最终实现智能、高效、安全、便捷、绿色发展的现代化港口形态。

未来中国移动将和其他产业伙伴进一步整合港口的产业链上下游资源，持续推进基于人工智能的设备远程控制、智能理货、无人驾驶、智能安防和司机行为分析等应用试点和推广，打造全场景的智慧港口标杆。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
5G	5th Generation Mobile Networks	第五代移动通信
AI	Artificial Intelligence	人工智能
CV	Computer Vision	计算机视觉
IoT	Internet of Things	物联网
NLP	Neural Language Processing	自然语言处理

参考文献

- [1] 5G 智慧港口白皮书，振华重工、中国移动、沃达丰和华为，2019
- [2] 5G 智慧港口全业务场景落地白皮书，华为、中国移动、中远海运、厦门远海、中移上研院、振华重工、东风商用车、深圳元戎启行等，2020
- [3] 2020 年全球前 20 大港口生产形势评述，上海国际航运研究中心，2021
- [4] 人工智能中国专利技术分析报告，国家工业信息安全发展研究中心，2019
- [5] 中国人工智能行业“十四五”发展趋势与投资机会研究报告，锐观产业研究院，2019