



AI赋能 全局化智慧港口



2019年5月

支持单位：





序言

港口，是一国对外贸易的窗口，是反映经济状况的晴雨表，更是对一国基础设施建设综合实力的反映。当前，中国是世界第一贸易大国，也是港口大国，中国港口货物吞吐量、集装箱吞吐量、拥有的万吨级生产性码头泊位均为世界第一。在全球港口货物吞吐量和集装箱吞吐量排名前十名的港口中，中国港口更是占据七席。

改革在推进，创新无止境。中国港口实现了从“人拉肩扛”到信息化、智能化、自动化的转变，中国港口已全面进入“互联网+”时代。智慧港口的建设及管理是今后港口发展的必然趋势，利用互联网技术和大数据的思维实现港口的智能化、自动化和无人化，助推港口转型升级和企业提质增效，是建设国际强港的信息化保障。当前港口智慧运营的环境已经见到成效，信息系统的体系基本搭建完成，贸易便利化的程度不断加强。与此同时，在“一带一路”倡议下，智慧港口的作用日渐凸显。

善学者尽其理，善行者究其难。本蓝皮书力求通过技术和市场发展分析，对行业应用进行梳理和观测，努力实现，供业界参考，共赢未来！

《中国港口》杂志总编 童洁

人工智能，它始终是以一种科学与技术的形态存在，而行业应用更多的是代表了一种行业经验与知识。

今天我们谈论人工智能技术与行业的相结合，发布这样一本蓝皮书，是将科学技术与行业经验做了一次完美的融合，也是寄希望以此为人工智能在行业的落地应用做一些启示。

人工智能是一个极其复杂而又令人激动的事物。近几年，在“人机大战”的影响下，人工智能的话题十分的火热，特别是在2016年3月谷歌AlphaGo战胜李世石后，通过这场半娱乐性质的世纪围棋大战，把人工智能这项技术推向了大家的视线。在这之后又涌现了一批院校团队与科技公司进军人工智能，并开始竞相参加人工智能比赛刷榜。之后，又诞生了一大批人工智能创业公司，但大部分都是由一些单点技术为主导的公司。人工智能有一个特点，就是作为技术它本身很难成为一种产品，它必须是和场景相结合，它的最大价值也在于给行业赋能，降本增效。所以从2017年开始，大家都开始将关注点转移到了人工智能的落地。

作为国内较早一批创立的人工智能科技企业，westwell西井科技，从底层也是难度最大的人工智能芯片和算法作为我们的起点，同时在2016年4月开始，快速切入人工智能的行业应用的落地，第一个落地也是我们至今最主要的应用场景——智慧港口。

在智慧港口的应用中，我们最初是通过自研的底层芯片和算法，帮助用户实现基于岸桥前端的图像识别理货功能。而今天我们不仅将岸桥的图像识别功能从最初1.0版本的3个功能，扩展至今天2.0版本的10多个功能模块。同时，场桥智能化方面也开发出诸如大车防撞、大车纠偏、识别等功能模块和产品。尤其自豪的是，我们不仅在国内率先实现港区无人驾驶的集卡的功能验证，更是将自动驾驶技术推向了实际销售和和生产。

凭借覆盖港区各个作业环节的人工智能+的系统，我们已经率先成为全局化人工智能港口解决方案的先行者和践行者。

从过往三年，人工智能技术运用于港口的实际数据效果来看，它的降本增效作用非常明显，也大大降低了安全事故的风险性，这对于港口的运营优化和未来的发展创新，都起到了非同小可的作用和效果。

可以说，今天作为一个新晋的港口人，我从来没有如此自信地憧憬全局化智慧港口的美好未来。我们有理由相信，随着AI技术与港口行业的进一步融合，我们必将籍全局化人工智能港口解决方案在未来的几十年中为港口行业的发展提供“新的强劲动能”。

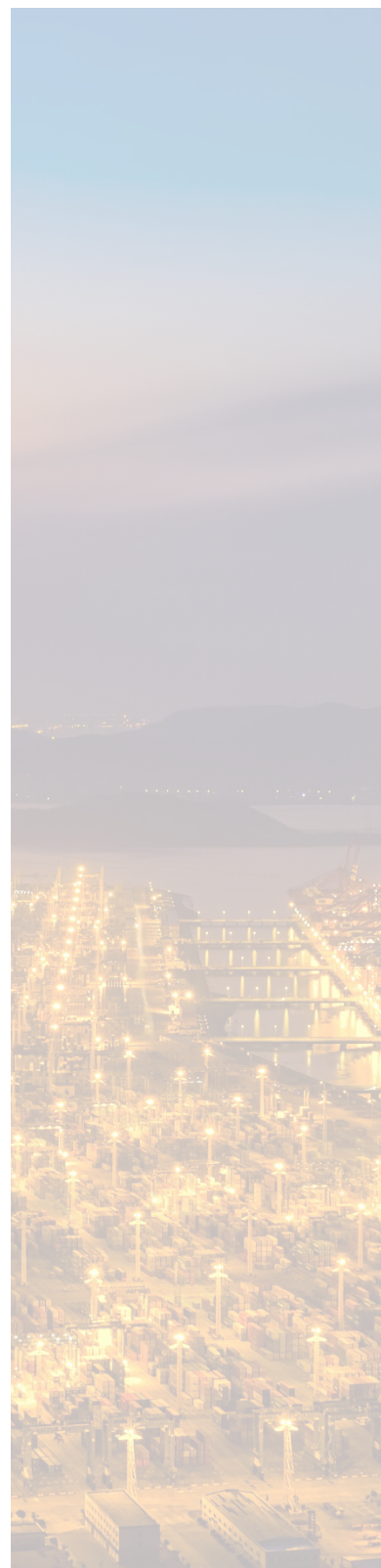
westwell西井科技创始人&CEO 谭黎敏

2019年政府工作报告中提出了“智能+”的重要战略：深化大数据、人工智能等研发应用，打造工业互联网平台，拓展“智能+”，为制造业转型升级赋能。毕马威作为一个全球的专业机构，每年都会针对颠覆性技术做前沿的研究和调研，我们对人工智能在中国的落地发展持积极态度。中国的优势在于拥有广阔的应用市场、政府支持的政策，逐渐完善的投资环境和渠道，这为人工智能技术的发展提供了一个良好的空间。此外，还有很多关注人工智能在行业应用的初创公司，以及大量前沿科技领域的优质人才。

人工智能是不断进步的过程，毕马威成员所在分布全球153个国家和地区，布局了全球创新创业的生态圈，致力于联接技术创业公司和大企业，推动诸如人工智能等新技术的落地、传统行业的转型。

人工智能更多偏向于底层的技术，其价值的最终实现要落实于具体的场景。我们相信人工智能技术未来会在智慧港口的建设上添上浓墨重彩的一笔。

毕马威中国信息与科技行业主管合伙人 吴剑林





目录

序 言	1
核心观点	5
1 从自动化到智慧港口	6
（一）港口发展历程	7
（二）中国港口自动化建设现状	8
（三）新技术驱动智慧港口建设	9
2 人工智能发展与应用概况	11
（一）人工智能发展阶段	12
（二）中国人工智能行业现状	14
（三）人工智能行业应用：以物流、交通为例	16
3 人工智能在智慧港口的应用	18
（一）一横：集装箱在港口智能流转全过程	19
（二）一纵：港口生产作业智能运营管理	27
（三）一链：智慧港口全方位物流服务链	31
（四）一网：区域/全球智慧港口网络	34
4 建议与展望	36
附录：术语解释	40

核心观点

- 全局性与连通性成为当代港口的重要特征。港口的差异化服务、港口间的互动以及与供应链的无缝连接成为评判港口现代化的重要标准。
- 中国已成为世界公认的贸易大国，港口吞吐量不断攀升。但中国港口自动化建设还处于初级阶段，传统码头自动化改造如火如荼。
- 本轮人工智能浪潮以从实验室走向商业化为主要特点，“AI+要素”驱动应用层行业发展。目前中国人工智能行业环境较好，政策利好、资本支持，企业数量、规模全球领先，主要发力在技术层和应用层。
- 目前人工智能在港口的落地处于初级应用阶段，主要集中在港口生产作业一线。本报告从港口内部生产作业角度，将人工智能应用分为集装箱横向流转过程（“一横”）、纵向运营管理（“一纵”）两个层面；从整个大物流体系出发，智慧港口作为智慧物流的重要组成部分，探索人工智能在物流服务链（“一链”）、区域/全球港口协同网（“一网”）两个角度的应用。
- 在“一横”即整个横向流转过程中，利用人工智能主要实现单点技术方案，比如：集装箱全流程识别（智能识别）、集装箱水平运输环节（自动驾驶）、场桥/岸桥垂直运输环节（智能装卸）；技术难点主要在于精度。
- 人工智能在“一纵”港口运营管理中，主要的作用在于，人工智能可以更好的与大数据进行合作。基于人工智能算法的深度挖掘数据，能帮助系统更加理性的做出决策，从而改变传统TOS系统的原有运营模式，减少人员在运营管理上的干预，例如智能调度。
- 在打通“一链”物流服务链的过程中，由于港口中不同子平台，利益会受到挑战。推动“一链”发展的技术还未足以成熟，且人们在观念上对智慧港口的建设还存在疑问，导致了在一链中各个参与方的信息不畅通，服务效率较低。
- 基于未来智慧港口网络的高度构思自身港口的发展，还仅仅是少量头部港口在考虑中的一个理念。
- 整体上，人工智能在全球化智慧港口中的实现，尤其在“一纵、一链、一网”中，需要依赖于大量数据的共享。目前港口沉淀的数据分割在各个部门和平台内。智慧港口的建设，会改变这些部门、平台的存在形式，造成的相关方利益冲突，甚至导致失业，是发展中的最大阻力之一。
- 智慧港口“一横一纵一链一网”全局化体系的实现，最大的受益者将会是消费者和社会，需要政府、头部港口的积极支持和带动。在各港口进行的智能化改造项目，较多是基层码头推动、科技公司牵头，缺乏集团全局性的顶层设计。对人工智能技术的投入，需要港口运营者有战略高度的考虑。

1. 从自动化到智慧港口





- 中国已成为世界公认的贸易大国，港口吞吐量不断攀升。
- 港口自动化建设初级阶段，自动化改造如火如荼。
- 全局性与连通性成为当代港口的重要特征。港口的差异化服务、港口间的互动以及与供应链的无缝连接成为评判港口现代化的重要标准。
- 创新技术与经济场景不断交融，驱动智慧港口建设。

（一）港口发展历程

20世纪60年代全球物流行业兴起，港口作为商品流通的枢纽，在全球物流系统中发挥着重要的作用。随着经济全球化进程的加快，科技革命迅猛发展，产业结构不断优化升级，高效率的现代港口已成为区域经济发展与产业结构升级的重要支撑。

港口的发展，从最初的区域间商品流通中心，伴随着全球商贸业和航运业的繁荣，转型为贸易中心和商业中心，逐渐成为具备货物仓储、运输贸易信息服务、货物配送等多元化服务的物流、贸易、工业与金融中心。进入21世纪以来，港口成为兼具信息化、网络化与敏捷化的综合服务中心。

表1-1 世界港口发展历程及特点

发展阶段	时间	主要功能	发展特点	港口定位
第一代：传统港口	18世纪前	1. 装卸、转运	传统装卸	区域间商品流通
第二代：临港贸易中心	18世纪初-20世纪中	1. 仓储、装卸、搬运	工商业落户，临港产业具雏形	生产贸易场所、货物增值服务中心
第三代：国际商业中心	20世纪五六十年代	1. 仓储、装卸、搬运 2. 运输贸易的信息服务与货物配送	适应国际贸易、全球化物流	部分港口发展为物流、贸易、工业、金融中心
第四代：综合服务中心	20世纪末至今	1. 仓储、装卸、搬运 2. 运输贸易的信息服务与货物配送 3. 港口之间的互动、差异化服务 4. 与供应链各环节无缝衔接	城市为主体，自由贸易为依托	国际贸易调度站、产业集聚地、综合服务平台、国际航运中心、港口群结构
下一代：智慧港口	未来	1. 以上 2. 数据服务及其他创新业务模式	集物联网、自动化、人工智能为一体	系统化的大港口生态圈

资料来源：《中国港口》杂志

表1-2 2018年全球集装箱吞吐量排名

地区	国家	排名	港口	万TEU	2018年增速
东亚	中国	1	上海	4201	4.4%
东南亚	新加坡	2	新加坡	3660	8.7%
东亚	中国	3	深圳	2635	4.5%
东亚	中国	4	宁波舟山	2574	4.4%
东亚	中国	5	广州	2192	7.6%
东亚	韩国	6	釜山	2166	5.8%
东亚	中国	7	香港	1960	-5.6%
东亚	中国	8	青岛	1932	5.5%
东亚	中国	9	天津	1600	6.2%
西亚	阿联酋	10	迪拜	1495	-2.7%
西欧	荷兰	11	鹿特丹	1451	5.6%
东南亚	马来西亚	12	巴生	1232	2.8%

数据来源：中国港口协会

同样在上个世纪60年代，新中国开始有计划的发展航运业并积极恢复港口。尤其自21世纪以来，中国港口处在快速发展的征程中，不同于80、90年代注重泊位深水化、专业化建设的趋势，本轮发展开始更加注重改革创新、转型升级：从装卸、仓储、简单加工功能为特征的港口向提供综合物流服务的第四代港口转型，业务向多式联运、保税物流、全程物流服务、供应链金融等高附加值综合物流功能延伸。

“一带一路”倡议提出以来，在促进中国及沿线国家海运发展方面取得了显著的成果。如表1-2，近两年集装箱吞吐量排名中，前十名港口中国独占7家，亚洲地区贸易规模增长迅速。目前，我国港口已与世界200多个国家、600多个主要港口建立航线联系。

(二) 中国港口自动化建设现状

世界自动化码头的发展已经有30多年的历史。中国自动化码头还处于起步阶段。截至2017年9月份，全球自动化集装箱码头34个(含在建3个)，其中，全自动化码头13个，半自动化码头21个；欧洲10个，亚洲17个，美洲4个，澳洲3个¹。截至2019年3月，内地仅有厦门港远海、青岛港、上海港洋山四期3个自动化码头²。

值得注意的是，国内自动化港口领先代表，上海洋山港四期自动化码头，于2017年投产，总投资128.48亿元，设计能力630万TEU/年，拥有7个泊位，26台岸桥、116台ARMG和130台提升式AGV以及58个自动化堆垛机³，堆场垂直于岸线，是目前全球最大自动化码头。相对于传统的集装箱码头，上海洋山港四期最大的特点是实现了码头集装箱装卸、水平运输、堆场装卸环节的全过程智能化的操作。

随着吞吐量逐年上升，国内港口运营商进行自动化改造势头积极。在港口自动化建设或者改造项目中，按自动化场景、效果，可分成四个阶段：

- **远程简单控制**，最直接的就是机械设备的远程操控或者自动作业，拥有自主运动的能力；
- **远程复杂控制**，机械设备自动化、远程控制后，对应的作业流程也就有了自动化的基础，能够完成一系列的复杂动作；
- **自主检测异常**，能发现运行过程当中的异常，自动检测异常的信息；

1.2.3. 资料来源：《中国港口》杂志



□ **自主决策规划**，能够如人的大脑一般，自主执行决策、规划、调度的功能。

目前自动化港口，主要体现在集装箱在港区的流转环节，含集装箱识别、水平运输、堆场装卸等垂直运输等环节。在技术上分别对应采用OCR和应答器，对集装箱卡车、集装箱进行信息的识别、监控；AGV进行集装箱水平运输；自动化或半自动化远程操作吊机设备，进行集装箱的垂直运输等。

可以看到，当前自动化港口离真正的智慧港口尚有距离。自动化码头的运营仍需要操作人员在后台去远程操控，港口基础设施无法进行自主决策，更不必提不同设施之间能够互相协作。并且，目前自动化港口均为新建港口，如要在已运营的港口中推动自动化改造，还面临如下实际问题：

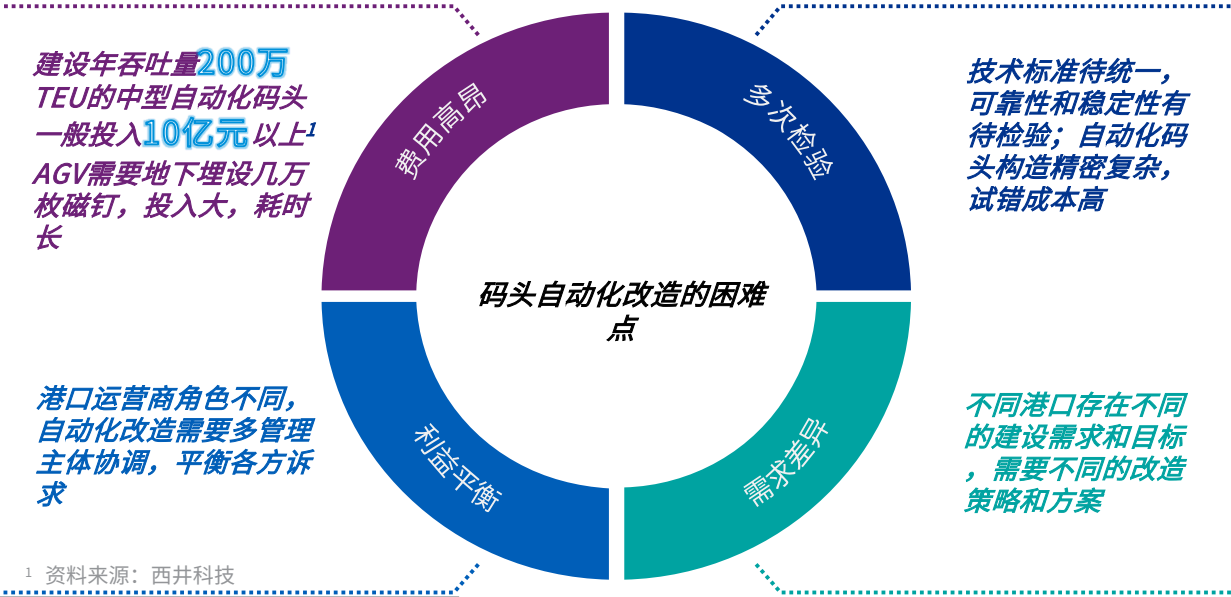
(三) 新技术驱动智慧港口建设

然而，经济新常态下，航运市场需求萎缩、产能过剩，船公司联盟化成为主流，四大联盟运力占全球80%以上，港航竞争格局变化。航运市场正逐渐由“港方市场”和“船方市场”向“货方市场”转变。港口面临着议价能力下降、同质化竞争加剧的压力。

过去单纯依靠码头节点优势，通过装卸服务获得效益增长的模式变得不可持续，已不足支撑港口持续稳定的收入增长。全国各大港口的主营业务收入增长率出现了不同程度的放缓。越来越多的港口开始发展由装卸业务衍生而来的其他物流业务及配套服务，探索更多元、更高附加值的盈利模式。港口竞争模式正由运输能力和吞吐量的竞争，转为口岸效率、服务质量、综合物流、科技创新和可持续发展能力等方面的竞争。

科技赋能，削减港口运营成本，提升港口综合服务质量，同时探索价值创新领域，成为港口提升利润的主要方式。

图1-1 码头自动化改造困难点



降本增效成为港口运营商眼前的诉求，推进智慧港口建设是港口运营商的必然选择。

人工智能、大数据、物联网、云计算、5G为代表的新一代信息技术，以其集聚、融合的快速发

展态势，成为智慧港口建设的重要驱动力之一。本轮技术爆发期，科技行业参与者对创新有空前的重视，智慧城市、智慧物流、智慧港口接踵而至，各传统行业成为ICT技术实践与赋能的赛道。自动驾驶、视觉识别、智能决策等创新技术向港口运营中溢出和转移。港口作业由劳动密集型向科技密集型方向发展，集装箱装卸、港口管理和

服务转向全自动化、智能化。并且，近年来中国港口大型化、专业化水平明显提高，为“智能+”技术的应用提供了支撑。大规模集装箱码头处理的庞大数据量用传统的手工或简单的电算化程序已经无法及时处理，必须采用融合了优化算法和人工智能性质的实时交互式作业计算机管理系统，才能满足各方对装卸、堆存、收发箱及受理等的要求。

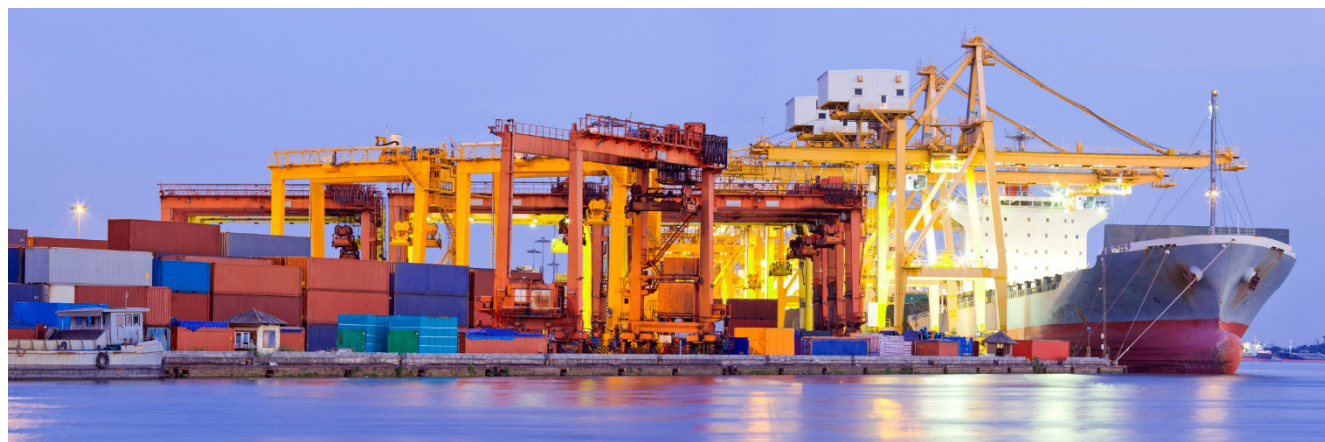
新技术赋能，加速港口改革创新、向第四代港口转型升级，在传统的装卸、仓储、转运业务基础上向多式联运、保税物流、全程物流服务、供应链金融等高附加值综合物流功能延伸。

同时，社会环境的影响和国家政策的引导，也是智慧港口建设的促进因素。

社会劳动力成本攀升成为现实和趋势，码头作业人员长期在恶劣环境作业，劳动强度大、作业难度高。在可以预见的将来，港口行业的人力缺口会加大。智慧港口从根本上解决了效率、管理、安全等问题。

政策方面，中国开始布局智能港口建设。2017年交通运输部、水运局出台了《关于开展智慧港口示范工程的通知》，选取一批港口开展智慧港口示范工程建设，以带动我国港口信息化、智能化水平的提升。

未来一段时期，中国港口发展要继续强化战略引领，推动智慧港口高质量发展，把港口改革发展作为交通强国建设的重要内容，加强顶层设计和系统谋划，推动智慧、绿色港口建设，创新港口发展新模式。



2.人工智能 发展与应用概况

westwell
DW1700
1802

(一) 人工智能发展阶段

本轮人工智能浪潮以从实验室走向商业化为主要特点

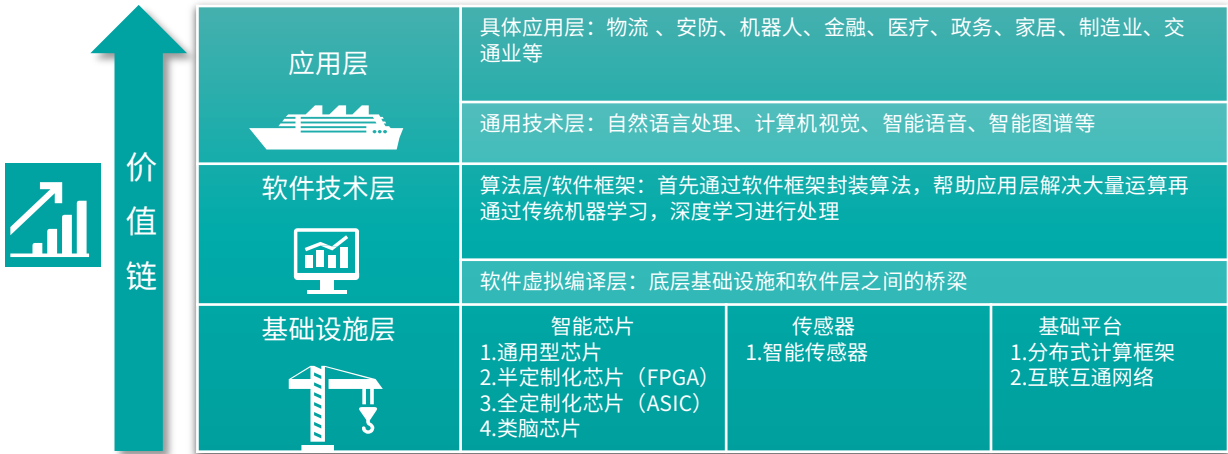
人工智能，自1956年在达特茅斯会议被美国博士约翰麦卡锡首次提出，发展至今共经历了三次浪潮。行业对人工智能的定义，通常是指人类通过分析数据和进行机器学习来赋予机器类人的能力，使得机器人能代替人类进行包括认知、识别、分析、决策等智能行为的过程。

00s-至今，深度学习算法走向盛行，为人工智能的蓬勃发展奠定了基础。伴随着芯片、超级计算机、云计算带来的算力提升，物联网、大数据技术带来的数据爆发和深度挖掘利用，加上行业人才的积累，促使着人工智能从实验室走向了商业化场景应用。尤其交通、金融、零售、教育、医疗等行业，成为了人工智能落地的领先赛道：市场规模、企业数量、投资额度，经历着超前的增长。

虽然目前人工智能应用还受限于需要人工标注的专用型人工智能，只能解决特定领域问题，且距离未来以类脑技术为基础的、具有自主学习能力的通用性人工智能还有很长的路径；但从现实发展角度，技术层面上大量数据集的构建、迁移学习以及小样本学习，必将会进一步驱动行业发展；进而在应用层面上，人工智能与机器人、大数据、云计算以及边缘计算等技术应用的逐渐融合，将进一步促进多元化应用场景逐步实现。

下图中人工智能产业价值链，直观的反应了人工智能处理过程，信息从底层基础设施进入，到软件技术层对信息进一步分析与处理，再到应用层，处理完善的信息通过不同的应用场景以产品的形式展现在用户面前。

表2-1 人工智能价值链



目前的技术层主要集中在：

- ❖ 自然语言处理：研究人类如何与计算机通过自然语言进行有效的交流，需要通过语言建模，语言表达，机器翻译，语言生成来实现。
- ❖ 计算机视觉：通过模仿人类的视觉系统从而获得近似于人类获取、分解、理解图像以及系列图像的能力。可以分为图像分类、目标检测、目标跟踪以及图像分割。
- ❖ 智能语音：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。可以分为语音合成、语音识别以及语音评测技术。
- ❖ 知识图谱：通过节点和关系组成图谱，将知识以网状的形式呈现出来。

应用层：

如产业价值链图上，人工智能的行业应用，需要基础的算力、算法、行业大数据，同时需要对场景的理解。

目前专用型人工智能已经覆盖各大商业化应用场景，关注消费者的领域首先成为商业化落地的主流，如教育、零售、医疗。伴随着产业互联网转型的趋势，人工智能+产业正在成为下半场的深耕领域，以制造业为代表的传统领域正在数字化转型的探索中迎来人工智能赋能的新机遇。

如图2-1，技术作为生产要素之一，人工智能技术又赋能于其他生产要素，“AI+要素”驱动应用层行业发展。



(1) 对劳动力的赋能和替代，提高业务效率

人工智能最直接、显著的促进，在于自动实现工作任务，除了替代传统自动化所能够完成的重复性、危险性工作外，人工智能技术的学习能力能够解决一些复杂的、专业的、灵活的工作。这在劳动力成本增加、企业高效发展的商业竞争环境中，举足轻重。比如，通过人工智能技术，审计师不必花费大量时间仅获得取样调查，而能够快速实现对企业票据全面审查。



(2) 对管理决策的智能支持，精准运营

未来进行商业决策的过程中，管理者会依赖于人工智能系统提供的建议，以数据驱动的模拟计算，辅助决策流程。比如，营销管理就是目前典型案例之一，人工智能实现了对用户画像的精确描绘，依靠多元异质数据联合建模，实现精准营销投放和个性化广告流。未来，智能机器助理、顾问，将成为管理者的标配。



另外，我们认为，人工智能技术的应用，对企业管理结构也会带来新的变化。重建管理架构，创造新的合作模式，以便更高效地运作组织，也会是企业在积累的行业竞争中的重点考虑之一。

 (3) 对信息/数据的产生和应用，创新业务开拓

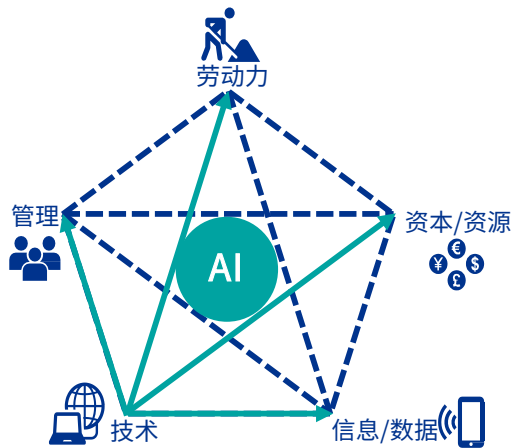
随着人工智能的场景化应用，基于信息/数据的更多创新业务机会会被激发。比如，自动驾驶汽车在行驶过程中产生实时道路环境和交通数据，帮助城市道路规划、调整收费模式、布局区域商铺等；而在车辆内部对乘客识别的数据，促生了新的广告、内容、电商、娱乐商机。或者如，智慧孵化器通过识别企业访客数量、会议室使用等数据，帮助政府向企业提供更有针对性的税收优惠。

 (4) 对资本/资源的有效利用，降本增效

凭借着人工智能的自主学习、适应和升级能力，行业实际应用中，产生可观的长期回报，提升投资回报比。比如在港口集装箱流转过程中，采用机器视觉识别集装箱号码，对比传统技术投入小、效率高，经济效益明显。

另一方面，建立在大数据分析基础上的人工智能，能够快速把握市场流动性，在未来发现一些新机会，优化资本的效率、准确性与速度，将资本/资源投向更关键的领域；并且通过使用基于人工智能的风险管理技术，实现对风险的有效管理以及资本/资源优化。

图2-1 人工智能赋能生产要素



(二) 中国人工智能行业现状

政策利好、资金支持

- ❖ 2016年国务院发布《“十三五”国家科技创新规划》，明确人工智能作为发展新一代信息技术的主要方向。
- ❖ 2017年国务院印发新一代人工智能发展规划，强调“1+N”规划体系，聚焦人工智能基础理论和关键技术，支持对人工智能交叉学科研究的探索。在应用层面中国关注人工智能在制造、农业、物流、金融、家居、教育、医疗等领域的重要作用。
- ❖ 2018年11月工业和信息化部印发《新一代人工智能创新重点任务揭榜工作方案》部署智能产品、核心基础、智能制造、支撑体系等重点任务方向，选择出一批拥有核心技术，创新能力强的企业和科研院所。



图2-2 中国政府资助的人工智能各项目金额 根据清华大学中国科技政策研究中心发布的中国人工智能发展报告：

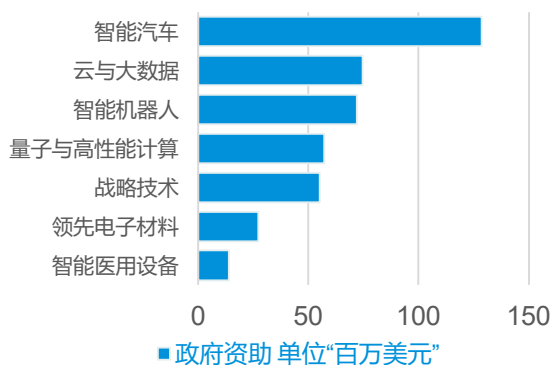


图2-2展示了截止到2018年4月，在过去6个月中国政府资助的人工智能企业各个项目的金额对比。此外，中国政府也积极投入到人工智能企业的投资和全方面扶持中，推动人工智能产业发展，促进人工智能与实体经济融合¹。

企业数量、规模领先

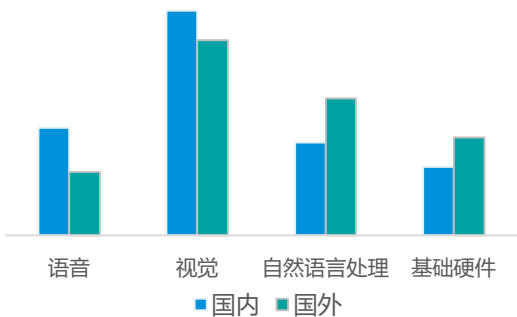
根据中国信通院2018年发布的《全球人工智能产业地图》，截止到2018年四月，中国人工智能企业数量接近1500家，在全球中位居第二²。

中金投2018年发布的《人工智能TOP50》中，有14家人工智能独角兽公司，其时总价值超过405亿美金。其中含5家机器视觉公司，2家语音识别公司，2家机器人公司，2家AI芯片公司，1家自动驾驶领域等³。

目前中国人工智能主要发力在技术层和应用层。

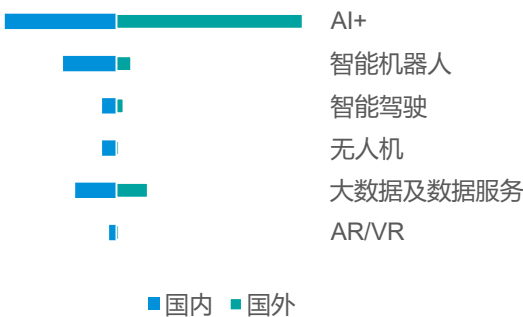
1.对比国外人工智能技术，国内技术层主要专注于视觉和语音方面，对于基础硬件的应用相对较少。

图2-3国内外人工智能技术对比



2.对比国外人工智能企业的行业分布，我国企业更关注智能机器人、无人机和智能驾驶的市场，而国外企业更关注于“AI+”以及各大垂直领域的应用⁴。

图2-4国内外人工智能行业应用对比



¹ 资料来源：南华早报，国家科技技术信息系统，2018
² 资料来源：《全球人工智能产业地图》，中国信通院，2018
³ 资料来源：《人工智能TOP50》，中金投，2018
⁴ 资料来源：《中国人工智能发展报告》，清华大学中国科技政策研究中心，2018



（三）人工智能行业应用

人工智能在物流行业应用示例

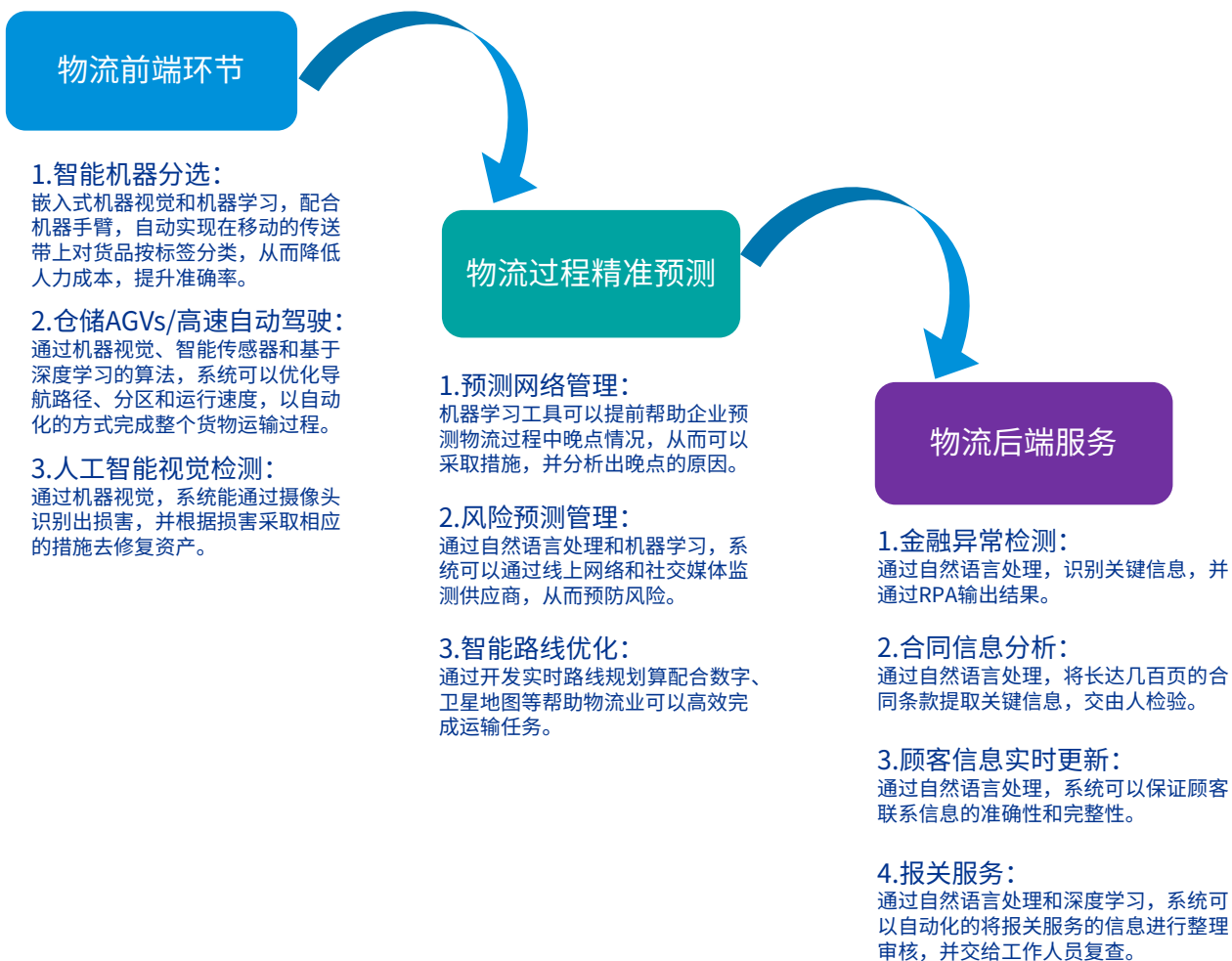
物流行业，包含货物分类、转运、运输、存储的过程。从大物流角度来说，港口，可以作为物流转运的一个关键中转节点。从微观角度看，港口内部集装箱的接收、转移、运输，又与物流过程较类似。

在智慧物流趋势中，人工智能无论是在物流实体运输过程的软件、硬件升级，还是企业数字化转型都能起到很大的帮助。更重要的是，实体运

输与数字化转型需要高效协作，才能实现智能化运营，即以较低的成本、无缝时间节点把控，高效运输大量货物。人工智能可以通过优化网络编排（network orchestration）将效率提升到人类无法达到的水平。

此外，人工智能对物流行业的供应链管理很有帮助，可以帮助分析供应链中结构化和非结构化的数据。从长远来看，供应链数据的应用，会促进物流行业产生更多创新价值。

图2-5 人工智能在物流行业落地应用示例



人工智能在交通行业应用示例

智慧交通，依靠物联网、大数据以及人工智能等多种信息技术，以国家智能交通体系为指导，通过优化城市交通管理系统，提高城市交通运行效率，保障城市交通安全，致力于建成高效、文明、安全、环保、舒适的城市交通运输体系。人工智能在智慧交通中的应用，对港口内部运输管理，尤其水平运输环节，具有一定的参考意义。

2017年，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，其中对于智能交通的规划是，研究建设营运车辆自动驾驶与车路协同的技术体系，研发交通信息综合大数据应用平台，检车智能交通监控、管理和服务系统。

应用方面，人工智能在智慧交通里已有许多落地的应用尝试，比如：高清视频监控系统，L2~L4自动驾驶系统，道路交通流量、车联网系统以及GPS监控系统。

表2-2 人工智能在交通行业落地应用示例

感知层	RFID，传感器，视频监测，车载终端，地感线圈等	结构化数据采集能力，实时动态数据采集能力，数据来源全域覆盖能力
平台层	智能地图，交通云，智能决策平台，车联网平台，交通仿真平台	地图更准确，云平台处理海量信息，实时数据，仿真平台提高决策准确性，车路协同，智能分析决策
应用层	实时动态自适应交通管理 实时决策，交通系统自主优化,人工智能发现、大数据预测事故，拥堵，主动管理	治理拥堵，交通信号智能控制,交通异常报警，交通规划辅助决策,智能公交调度需求管理
	全出行链个性化服务 全景式交通信息平台，定制化服务提升出行效率、精准用户画像，个性化出行服务	交通信息发布，全出行链交通信息服务，出行即服务
	自主控制的可互动载运工具 形成完整自然交互体验，自动感知周边环境，多场景控制方案	人车交互，自主泊车，汽车信息安全
	智能网联交通基础设施 全面掌握基础设施运行状态、通信情况，提高道路安全性和服务水平	交通基础设施运维，智能停车体系，智能枢纽

人工智能助力智慧交通的未来发展趋势，将会是交通领域单业务的技术革新、数据融合与多业务的联动、交通枢纽的业务联动、交通与智慧城市其他业务的联动。

对应于港口未来的发展趋势，即港口生产作业的单点技术革新（一

横）、港口业务的智能运营管理（一纵）、港口物流服务链的多业务联动（一链）、多港口间及与城市/区域网络的联动（一网）。本报告下文将对人工智能在港口“一横一纵一联一网”中的应用和展望展开详细描述。

3.人工智能 在智慧港口的应用





打造全局化智慧港口解决方案——

- 人工智能在港口的落地处于初级应用阶段，主要集中在港口生产作业一线。
- 从港口内部生产作业角度，将人工智能应用分为集装箱横向流转过程（“一横”）、纵向运营管理（“一纵”）两个层面。
- 从整个大物流体系角度，智慧港口作为智慧物流的重要组成部分，探索人工智能在物流服务链（“一链”）、区域/全球港口协同网（“一网”）两个角度的应用。

（一）一横：集装箱在港口智能流转过程

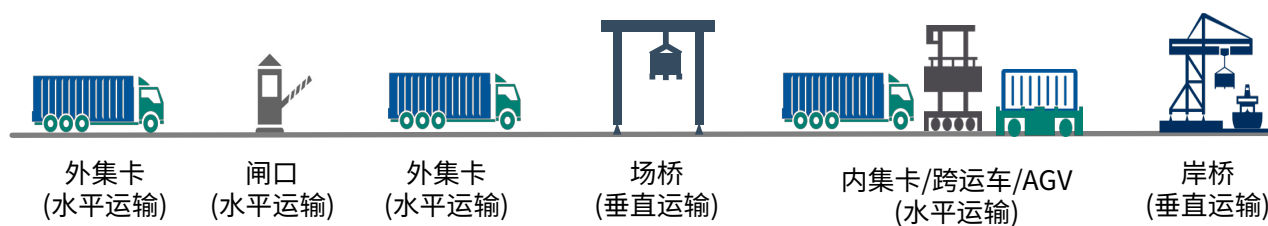
集装箱码头典型的生产作业过程，即集装箱在港口的流转过程。如图3-1，码头采用闸口—场桥—集卡—岸桥的工艺系统，配备适合码头作业的装卸船设备、堆场吊装设备和水平搬运设备。外集卡通过配有电子称重系统、视频监控系统、信息采集系统等设备

的闸口，到达场桥进行装卸作业；码头内部内集卡在场桥跨下装卸集装箱，再转运至岸桥跨距内作业。

在整个横向流转过程中，利用人工智能主要实现单点技术方案，比如：

- 集装箱全流程识别
- 集装箱水平运输环节
- 场桥、岸桥垂直运输环节

图3-1 集装箱在港口流转过程示意图



1. 集装箱全流程识别

集装箱，关联着整个世界的贸易物流。无论是理货，还是码头生产，均需要公正、快速的集装箱数据获取。如何兼顾码头生产作业、理货等需求，在岸桥、堆场远控化改造的当前趋势下，是人工智能识别项目研发基本出发点。

□ 人工智能对集装箱识别主要节点：

闸口、场桥、岸桥

□ 覆盖集装箱流转的各个环节：

装卸船、堆放、理货、验残、提箱、出关

□ 识别内容包含：

集装箱的箱号、集装箱箱型、装卸提箱状态、铅封有无、箱体残损程度等

这些数据的发送、传输、统计，直接影响着整个物流大数据的流转效率。港口和航运企业特别注重对集装箱数据的采集及追溯。

集装箱流转的数据采集难点：

- 集装箱种类繁多、尺寸多样，仅现行的国际标准化集装箱达13种
- 集装箱印刷字体多样、图案复杂、箱号排列方式各异
- 箱号并非在平面，而是在曲面上，字符区域附近复杂的纹理与噪点
- 箱体油漆脱落情况常见
- 复杂的光照条件及恶劣天气条件
- 场景复杂，摄像机内会出现多个集装箱入镜的现象

集装箱数据的采集方式目前主要包括人工识别、OCR光学字符识别、人工智能视觉识别三种方法。因闸门、岸桥、场桥实际情况不同，加上传统OCR的技术局限性，数据采集效率不理想。

□ 闸口 GATE



依靠红外、激光、地感线圈等触发装置，易受灰尘、雨水等干扰导致“罢工”；RFID射频卡容易失效；闸口集卡来往频繁，地感线圈容易发生断裂，平均每半年需要更换新线圈。

□ 岸桥 Ship-to-shore Crane



安装十余个摄像机传感器，借助PLC信号触发摄像机进行拍照，再通过保存的图片的后台分析和记录，识别准确率为85%左右，且夜间识别准确率低，无法识别残损字符。

□ 场桥 Yard Crane



安装多个摄像头，仅能识别集装箱箱号和内集卡作业号，不能借助摄像头直接视觉识别集卡的车牌信息。



表3-1 集装箱识别方式对比

	成本比较	识别率比较	稳定性比较
人工识别方式	三班倒，劳动力成本逐年上升	人工记录容易出现差错，需要额外人力复核	作业环境恶劣，存在作业安全隐患，重复劳动工作疲劳，稳定性亟待加强
OCR & RFID	硬件数量多，成本增高	识别准确率较低，仅为80%-85%，需配备人力校验补正	图像必须为正面识别，系统易受外界因素干扰；RFID射频卡易失效
人工智能视觉识别	减少摄像头，灵活部署，硬件和维保成本低	识别准确率高，且可识别肉眼可看的缺损字符	视频流识别，无需触发装置，可大角度识别

机器视觉技术，可以实现岸桥、场桥的箱号自主识别，提高箱号识别的效率和准确率，并可在此基础上进一步实现港区无人智慧闸口、无人智慧吊装等功能。

中国广东广州港黄埔老港码头

集装箱码头闸口通过速度直接影响收发箱效率及码头的总体操作效率，也是与外界如海关、箱站、货代等交接设备与信息的汇集点。

2018年8月，广州港集团有限公司旗下黄埔老港码头完成了东门闸口改造项目的系统部署工作，利用西井科技人工智能单侧箱识别方案解决老码头闸口车道狭窄、场地受限等问题。

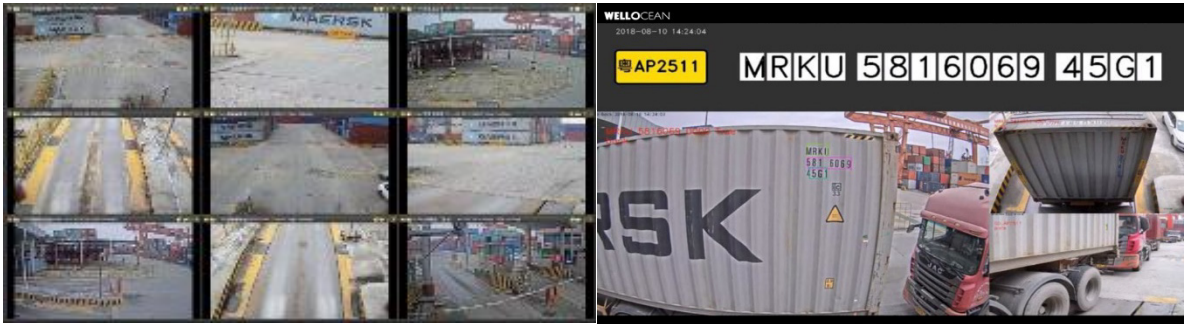
此外，针对AI移动识别箱号的非结构化结果，利用字符串相似算法，结合TOS数据的统计建模，进一步地提升箱号识别率。

中国福建厦门新海达集装箱码头

厦门集装箱码头集团有限公司旗下海沧新海达集装箱码头远控改造项目，需要理货系统识别，以及未来配套无人驾驶的岸桥区域识别。

由厦门新海达码头、厦门电子口岸、西井科技、振华智慧集团共同推动落地了远控岸桥人工智能识别系统，采用地面识别方式，通过人工智能视频流方式，解决了OCR空中识别造成的生产效率下降问题。

该系统多个识别功能同步进行识别，除了传统理货识别系统功能外，新增了集装箱箱门面朝向识别、压车位置、装/卸船状态、空/重车状态、铅封有无、危险品标识等识别模块。同时，预留了今后传统码头改造使用自动驾驶集装箱水平运输时所需配套的新识别功能模块。



图片来源：西井科技，广州港黄埔老港码头闸口AI识别系统

2. 集装箱水平运输环节

集装箱在码头的水平运输系统主要依靠集卡、跨运车或AGV。其中欧美码头多采用跨运车，而中国码头则九成以上采用有人驾驶内集卡水平运输的方式。

目前全球约有4000多台跨运车运营，欧洲市场占据一半；澳大利亚的市场约占全球10%的份额；其他分布在美洲和亚洲等国家的码头使用¹。跨运车可一机完成多种作业，其运输机动性强，省去了堆场的场桥设备费用，并且支持更多的集装箱交互空间，沿着交换区长度方向可布置4个TEU深，但是也存在着缺点²：

1、堆箱能力较低，集装箱最多堆放到三到四层。欧美的集装箱堆场面积较大，而亚洲的集装箱码头堆场密集。

2、跨运车对地基要求也较高，尤其是亚洲一些建造在回填陆域的码头，需要对整个运营厂区进行专门的地基加固。

3、跨运车车体高，对司机操作、维修人员的技术要求都较高，且造价昂贵，初期投资大。

各地区的港口运营商选择水平运输方式，均根据各自实际需求而定。目前国际主流的自动化导引运输车和跨运车采用的技术都是磁钉导引或基站导引，外设装置的成本很高，而作业效率比较低，影响了其推广部署。

自动驾驶是人工智能在水平运输环节的典型应用。与其他开放道路自动驾驶场景相比，港区自动驾驶场景的挑战在于：

1、作业精度要求厘米级



需要配合环境中大型机械交互作业，融入码头的生产业务流程，实现厘米级别的对位作业精度要求，吊具才能精确装卸集装箱。

2、环境高度变化



港区虽是半封闭的低速限制环境，但集装箱装卸灵活，也意味着道路轨迹可能面临经常性的变更，环境高度动态变化，与开放道路差距较大。

3、金属信号干扰定位



船舶靠岸以及岸桥、金属集装箱的信号干扰，卫星导航系统无法精确定位。

4、盐雾等天气影响



经常出现盐雾等特殊状况的码头，对自动驾驶的车辆工况是个考验。

¹ 资料来源：<http://news.sina.com.cn/o/2018-01-15/doc-ifyqqciz7209307.shtml>，央视新闻，2018

² 资料来源：《浅谈港口跨运车的应用》，港口装卸，2003

解决方案：无人集卡/跨运车

单车人工智能解决方案，形象得说是通过运用机器学习算法，并将其与芯片等硬件结合，构成无人车的“大脑”。“眼睛”则是摄像头、毫米波雷达、激光雷达等传感器。解决方案共包含四个层级：

(1) 基础层，建立项目平台数据共享模块，包含系统运行过程中所有的集卡任务、调度、路径的数据集合，为后台数据、系统全局数据、地图及系统工作日志等内部逻辑各模块提供数据共享的支持。

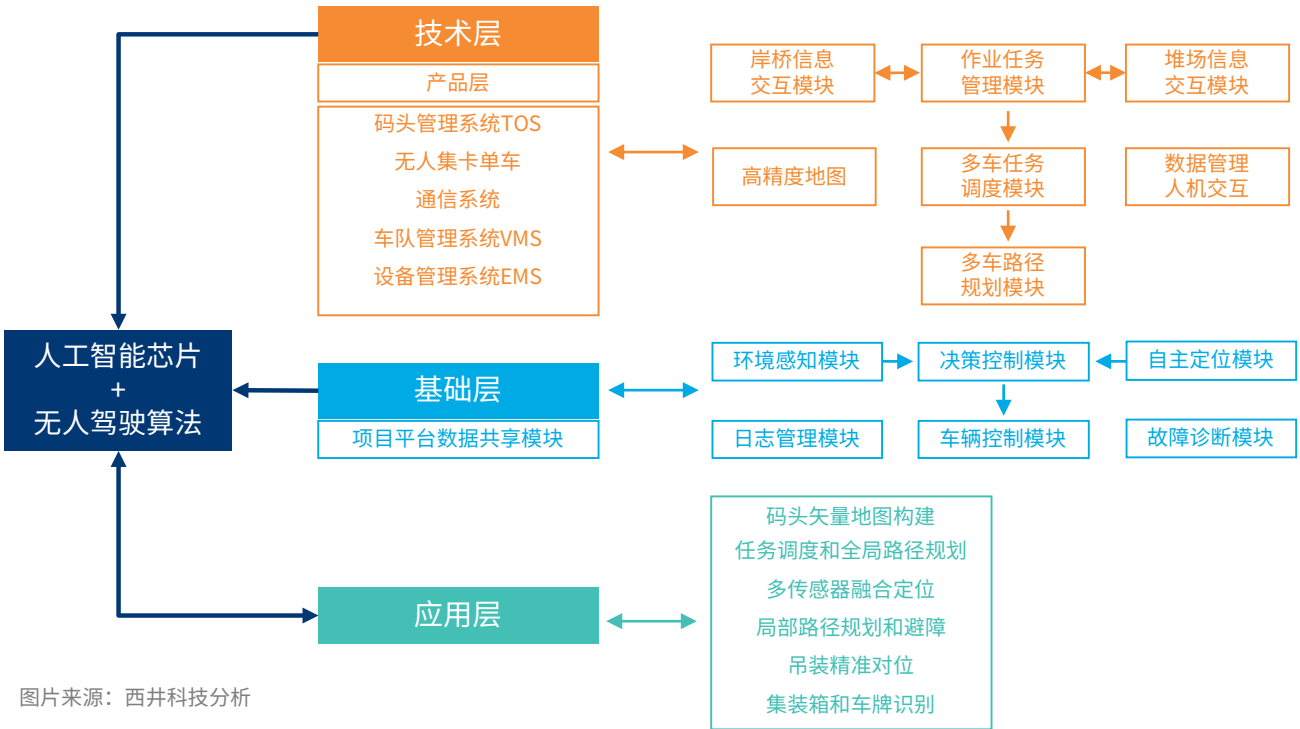
(2) 技术层，建设软硬件一体的人工智能全栈式技术研发平台。采用类脑人工智能学习算法、多传感器融合智能算法，自主研发多目标优化算法，采用同时定位与地图构建（SLAM）和惯性测量单元IMU相结合的定位方法，提升码头环境中的语义

分割和景物识别的准确率和效率，进一步提升系统路径规划的效率。

(3) 应用层，以无人驾驶为核心的技术解决方案，主要可适用于无人集卡、无人跨运车，还可以扩展到其他商用场景，如物流园区、海关监管区、矿场等多区域封闭低速场景。

(4) 产品层，主要分为无人集卡单车系统和无人集卡车队调度系统。无人集卡单车系统，实现集卡车自主导航，不会多变更码头的原有作业流程，利用基于人工智能的多传感器融合定位技术，定位精度提高到厘米级。无人集卡车队调度系统，属于“一纵”运营管理系统中分布式的子系统，可在第一时间了解到各码头车辆的运行状态以及各任务完成进度，将推荐系统与先进的多目标优化算法相结合的方式，提高集装箱运输效率。

图3-2 无人驾驶解决方案层级示意图



图片来源：西井科技分析

版权所有，不得转载。中国印刷。

此技术解决方案可以实现集卡、跨运车的自动驾驶，能模拟人的操作行为，在港区内自主行驶、避障。以西井科技正在研发的无人驾驶室的无人驾驶电动重卡Q-Truck为例，它搭载了视觉摄像头、固态激光雷达，16线激光雷达，毫米波雷达等多套工业级传感器，覆盖周边环境并帮助相互校验覆盖区域。

此外，西井科技与振华重工正在合作的无人跨运车除自主行驶，还能自主探测集装箱，并完成厘米级精度的抓箱、跨箱和放箱。在无需外置设备的情况下，与人工操作相比，能实现多种自主作业能力，且标准化程度更高、速度更快。

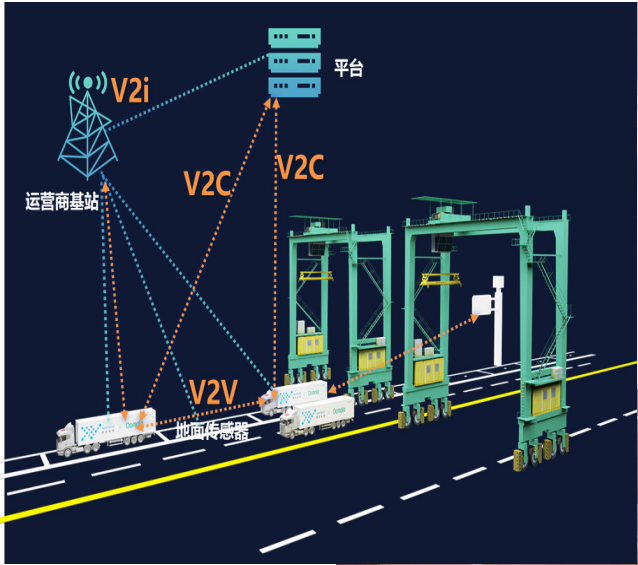
未来，港区无人驾驶商用化的三大关键节点：



具体说，V2X系统的技术框架涵盖：

- ❖ 可提前预警、减少通讯延时压力的车与车之间的直接通信系统V2V；
- ❖ 能优化任务选择行驶路径，在特定传感器失灵的情况，仍能保持高精度作业能力的与基础设施通信的V2I系统；
- ❖ 可与码头作业系统深度耦合并进行远程监控的V2C系统等，全方位为港区的智慧升级助力。

因此无人车在港口环境内作业，除单车的多传感器融合识别、定位、规划以外，V2X系统对于无人驾驶车队在封闭场景的落地，能够打造“零碰撞”的优势，并大幅提高港区的运输作业效率。



图片来源：西井科技



3.垂直运输环节

随着港口吞吐量的增加及集装箱货船大型化的发展，集装箱装卸作业，即集装箱垂直运输的运作效率和港机智能化发展程度，是港口先进与否的衡量标准之一。因此，垂直运输环节，对人工智能的利用，主要结合在港机智能化改造方面。

集装箱码头港区内作业时，通过集卡拖挂车将集装箱运至堆场或岸边，由集装箱场桥或者岸桥吊起集装箱进行堆箱或装船作业。在场桥、岸桥的垂直运输环节，主要采用桥吊、轨道吊、轮胎吊等机械设备，需要工人长时间高空作业。

安全隐患和装卸效率，是人工智能在垂直环节的关键解决问题；技术难点在于精度。

香港特别行政区政府海事处发布的2017年海事意外调查显示，香港水域内在货物处理过程中，由于高空坠落、撞击事故发生的伤亡人数高达61人¹。事实上，国外往无人码头方向发展的动力是最大限度减低人工成本和减少人员伤亡。

除意外伤亡外，目前在岸桥、场桥作业的司机需要长时间高空低头作业，危险系数高、身体损害大，吊装操作对司机的视力和技术要求高。

现阶段应用的远程集装箱装卸技术，仍处于半自动化阶段，即码头人员利用高清监控设备远程查看现场情况并通过电脑屏幕进行监控和指示操纵，一定程度上提升了安全系数，但在装卸精度和效率上仍存在明显缺陷。

另外，激光传感器与摄像头的成本高昂且容易受到天气等外部因素影响，稳定性有待优化。

解决方案1：无人集装箱锁孔对位

提高集装箱装卸远程装卸的效率，关键在于提升无人集装箱锁孔对位精度，达到厘米级，以实现机器取代人工进行自主化智能判断，从而优化集装箱装卸效率。

集装箱装卸环节改造的三个阶段：

- 人工识别+人工对位——传统码头
- 人工识别+机器对位——半自动码头
- 机器识别+机器对位——智慧码头

人工智能无人集装箱锁孔对位系统将应用于岸桥、场桥等各类集装箱专用吊装设备。在吊具上安装摄像头，借助人工智能识别系统，毫秒级迅速准确地识别出集装箱锁孔的位置，结合视觉伺服闭环控制技术，优化推理出吊具控制量，调整吊具，保证吊具准确无误对准锁孔。系统的横纵向对位精度可以达到厘米级，将安装在吊具上的摄像头数量减少至4个，并节省人力成本。

解决方案2：无人拆除集装箱锁销

实际作业时，常见引起事故的情况之一：为保证集装箱水平运输过程的平稳行驶，使用锁销将集装箱底部同拖挂车相连。集卡到场后码头人工卸除该锁销，但时常发生漏拆卸的情况，引起集卡车被连同集装箱吊起的重大人身伤亡事故，或者引起堆场集装箱坍塌事故。

集装箱锁销种类多达百余种，有二三十道解锁原理，被称为码头全自动化的最后一道“关卡”。

¹资料来源：2017年海事意外调查

借助机械臂，可通过人工智能技术将感知系统嵌入机械臂，使机械臂更加紧凑灵活：一方面，机器视觉技术给机械臂加上了一双“眼睛”，让其拥有3D视觉，使机械臂能够进行深度学习，先辨识复杂种类锁具等；同时软硬件一体的人工智能解决方案，给机械臂提供“大脑”。感知决策一体化解决方案，改变过去自动化设备完全按照事先程序设定作业的传统模式，脱离定位概念，自主学习，且凭借高精度传感器，实现更为精准的作业，提高锁销拆装作业过程中的安全性和效率。

无人拆除集装箱锁销过程：

- (1) 锁孔、锁销精准定位：机械臂进行精准定位，自主找到其锁孔、锁销的位置；
- (2) 锁孔识别：机械臂智能识别、判断不同类型的集装箱锁孔；
- (3) 锁销识别：机械臂智能识别、判断不同类型的集装箱锁销；
- (4) 拆装锁工具识别：机械臂根据智能识别的锁孔、锁销，找到其对应使用的拆装工具，实现自动更换工具；
- (5) 智能拆装锁销：机械臂智能自主拆卸、安装锁销。

解决方案3：集卡防吊起

因集装箱起吊作业时，集装箱有装载货物重量不一、配载分布不均的情况，故常规通过监测集装箱四角重量以达到集卡拖挂车防吊起的效果较差。

借助人工智能系统，可检测集装箱起吊过程中毫秒级的重量变化情况，在极短的时间内得知是否有集装箱底部的锁销未开锁情况，从而给场桥或者岸桥司机告警，避免发生安全事故，同时减轻现场拆锁员工的工作强度。

解决方案4：轮胎吊大车防撞及行驶轨迹纠偏

轮胎吊灵活行走于不同堆场区域，但在换场作业时，因驾驶室高空，司机存在视角盲区，难以及时识别突然出现的人、车、物。同时，大车行驶轨迹易偏移，对装卸集装箱作业产生较大影响。

人工智能解决方案：安装传感器，通过人工智能算法和系统，监测轮胎吊大车行走方向的情况，将轮胎吊四周的全景拼接图像提供给轮胎吊司机，减少其视觉盲区，将可能存在的安全隐患降到最低。

检测出任何进行大车行走方向的物体，给予轮胎吊司机提醒，并直接对轮胎吊进行自主减速、乃至紧停的措施。



图片来源：西井科技

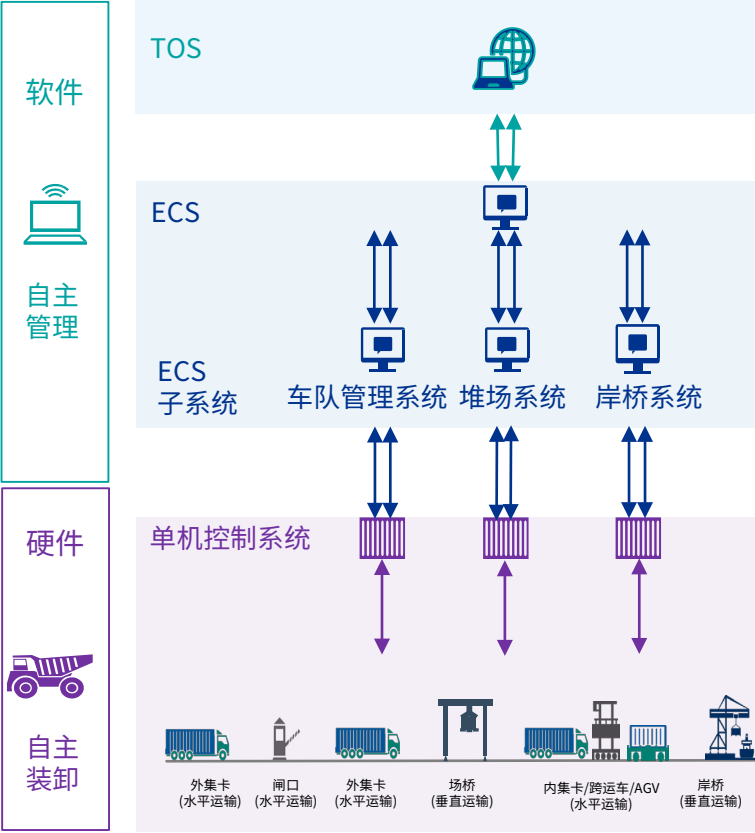


打造全局化智慧港口解决方案——

(二) 一纵：港口业务的智能运营管理 || 图3-3 智慧港口“一纵”示意图

与ToC端人工智能解决方案截然不同，码头生产作业需要依赖运营管理系统统一进行任务调配。比如，城市道路的自动驾驶乘用车，单车实现从A到B点，即可完成一个服务闭环；而港口作业中的内集卡仅单点实现自动驾驶，将与港机设备吊装、集装箱数据采集监控等环节割裂开，不能形成一个人工智能闭环生产环境，难以满足整个码头无人化的生产需求。

如图，“一横”中将人工智能赋能于具体的场景中，以智能化的硬件设备实现单点自主装卸、运输。“一纵”则着眼于更为宏观的层面，实现港口内部自主运营管理的功能。一纵的核心是其操作系统软件部分，主要包含运营管理系统TOS、设备控制系统ECS、车队管理系统VMS。



其中，TOS关注于宏观的统筹调度，统一的部署工作，例如根据船舶到港的时间，智能分配船舶的停放位置，根据船舶内箱子的种类与数量，提前分配相应的仓位。ECS主要负责设备，即对每个细分区域进行具体统筹，管理着码头的岸桥、场桥等港机设备；对细分区域进行具体统筹；VMS是与码头作业系统深度耦合的系统，主要负责港口场内的水平运输，应用于任务分配以及车队调度。

港口运营管理现状

集装箱码头场地堆存的箱量数以万计，每天装卸箱量也是成千上万。码头作业的目标是合理计划这些箱子以减少不必要的移动，以最少的装卸动作、最小的移动距离完成装卸、收发箱业务，即最大限度降低成本。这些优化过程涉及场地、时间、航线、装卸设备等因素，需要TOS系统发挥作用。

目前世界上已投产的自动化集装箱码头使用的TOS系统不尽相同，但均承担着码头作业的“大脑”调配角色，即合理计划、优化调度、统筹安排。

鉴于港口业务的专业性，TOS、ECS的开发一般由行业内专业供应商提供，如美国NAVIS公司的TOS，中国振华重工的ECS等。但通常大型港口运营商，会选择自行开发TOS进行多码头运营管理，如新加坡港旗下Portnet.com公司的CITOS，上港集团自主研发的TOS系统，大连港的ITOS系统等。

TOS伴随着港口从传统到逐渐自动化的转型中，也经历着升级：自动调度

的范围从堆场内的调度，转向整体生产作业的协调与优化，范围广且内部环节复杂；从系统发生异常情况时必须完全由人工介入处理，转向提前设计各种异常情况处理的模式，尝试主动应对。并且，在处理多环节作业中，需要TOS与港口设备建立数据接口，进行大量数据交互。

TOS与设备的交互方式，涉及不同的港口自动化技术发展路径：集中大脑、分布式+集中大脑。



集中大脑倾向于港口所有设施、作业调度统一根据集中大脑的指挥。

分布式，则认为每一台机器设备都是一个独立的机器人，本身可以执行很多智能化的操作，以及具备人工智能的运用，例如跨运车自动识别集装箱是否摆齐；同时整个码头生产环节则由集中大脑决策。



分布式情况下，应用ECS管理场内设备作业，以局部的视角去控制，并按照TOS发布的指令进行具体的发放与操作。比如，VMS根据TOS下达的码头运作生产任务，分解出集装箱水平搬运任务，自动向无人驾驶车辆下达作业指令，更优化地分配和调度无人驾驶集卡或跨运车去执行运输任务。同时，VMS实时采集各辆无人驾驶集卡或跨运车的位置信息、运行状态参数、实时状态信息和故障信息，当无人驾驶车辆出现故障时，立即反映故障点详细信息，指导维修维护。相比于TOS系统的改造，ECS系统的改造从成本、难度方面相对较容易。



整个行业正致力于实现分布决策，每个产位都有人工智能的运用。即，TOS负责根据到港船舶箱子的种类与数量，规划相应的运载工具，而分布式系统负责的是在具体情况下，如何更优化地分配运载工具，使得两个系统协作并整合到整个工作链。

这种路径下，分布式系统在数据层面和决策层面与顶层的TOS系统交互十分重要。通过ECS分布式子系统处理完货物后，TOS系统可以获得子系统处理货物的数据（包括时间，产位等）通过分析，从而在下次工作中更好的分配资源。

人工智能的应用情况

人工智能在“一纵”运营管理中，主要的作用在于，人工智能能够更好的与大数据进行合作，深度挖掘数据。利用人工智能算法，帮助系统更加理性地做出决策，从而改变传统TOS系统的原有运营模式，减少人员在运营管理层上的干预。

目前港口积累了海量业务数据，TOS系统仅处理即时业务，而通过人工智能技术，可以挖掘沉淀的“僵尸数据”的价值。这是人工智能赋能于港口TOS系统的另一大价值点。

人们期望设计出类似Alpha Go的人工智能类脑软件，进行生产调度与决策工作。

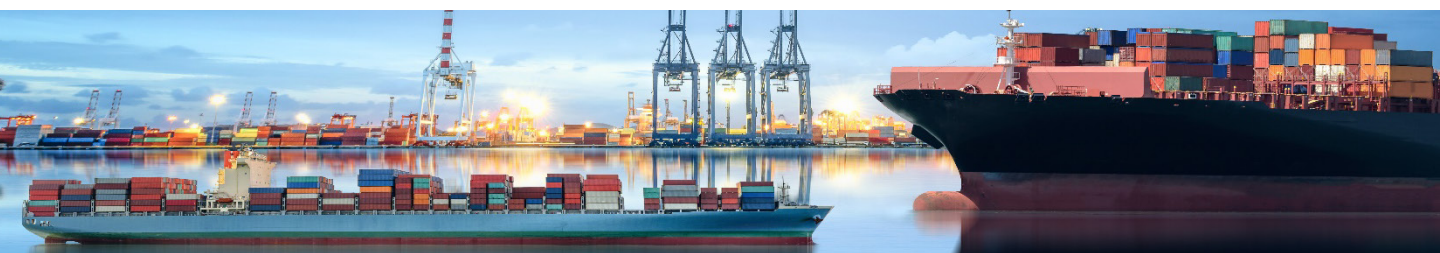
不同于ToC消费领域的应用，在探索人工智能在港口运营管理系统的实际应用时，需要对港口的实际情况、业务、生产过程、现有TOS/ECS系统十分了解，因此通常以港口的业内人士组织人工智能专家联合开发，对系统进行不断地迭代、优化。

人工智能在“一纵”中的应用示例

解决方案1：港口生产运营智能分析与决策系统

通过大数据技术收集到有效的数据后，以人工智能和机器学习技术对港口的生产运营进行数据层面的预测分析，与凭借经验的人工预测相比，人工智能的预测分析可以提高稳定性和一致性。

例如机器学习方法可以应用于港口企业效益的时间序列分析中，从“运营率”、“航运率”等多维度预测未来的走势变化，提供可视化分析效果图从而辅助港口进行下一步的决策。此外通过大数据和人工智能，该系统还可以为集装箱物流业进行油耗、市场、货量等方面的分析，从而提高服务效率，降低运营成本。



从经济层面上，借力于人工智能，港口的航线经营变得更为合理，各支线港的出货量走势得到了精准的预测。另外机器学习提供的决策支持可以帮助节约人工成本并将员工从重复简单的工作中解放出来。

从管理层面上，借力于人工智能，管理范围得到延伸，员工可以在短时间内，最大化地了解港口的货量、船舶、集装箱以及港口作业的情况，并相应地采取例如空箱调运、重箱配载调整、船舶装载率提高等措施。

解决方案2：自动轮胎式集装箱起重机调度系统

以分布式的视角借力于人工智能技术，智能调度轮胎式集装箱起重机（以下简称“起重机”）。首先，系统可以将起重机的搬运计划实时更新在船舶、闸口等单位的日程表上，与TOS系统配合，提高整个港口的运营效率。并且通过人工智能算法，优化起重机的行驶路径，提高起重机的行驶效率，并避免起重机之间发生相撞。此外，调度相邻的起重机互相协作，从而避免了工作量的分配不均。

人工智能赋能于此系统，也可以调整计划与现实情况中发生的偏差，例如具体的运载时间节点、运载顺序等，并可以调整港口中发生系统故障的起重机。

解决方案3：车辆智能调度平台

借力于人工智能、自动配对算法、物联网技术以及数据分析技术，该系统可以在港口场景中对车队进行信息化的有效管理，从而提高整个港口的运输周转效率，并降低物流成本。

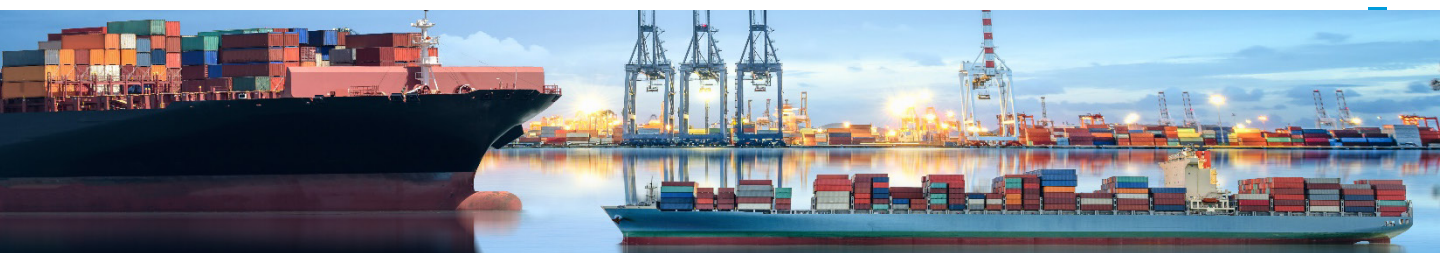
系统统一对车辆进行智能配对，减小了车辆的空驶率。实时定位并监控车辆，让客户实时了解车辆以及货物的情况。

以监控车辆为例，人工智能赋能于新一代监控技术中的信息感知、传输、处理等多个环节从而完成港口中相关作业车辆的精准定位、位置追踪、轨迹回放等功能。

解决方案4：船舶到离港智能预测

鹿特丹港务局（PoRA）在从鹿特丹市到北海之间的港口、道路、海洋安装传感器，收集有关风向、泊位、水位、温度等有效数据。再通过人工智能和物联网在GIS系统上进行分析，从而将辅助鹿特丹港制定决策。缩短整个港口装卸载、以及停靠的多余等待时间。

例如通过预测水位最适宜船舶到港或离港的时间可以确保船舶能不在港口浪费时间，从而确保最高效的货物装载效率。





打造全局化智慧港口解决方案——

（三）一链：智慧港口全方位物流服务链

港口作为物流节点和枢纽，对于加强物流链上下游各方协同合作，物流资源整合与集成发挥了重要作用。新一代智慧港口以基于数据驱动的物联网信息平台为工具，打破传统港口行业存在的“信息孤岛”、“信息不对等”的问题，使得产业链上各种资源与各利益方无缝对接与协调联动，实现基于信息平台的智能化港口管理和决策，形成高效、快捷的现代化智能港口；同时利于港口拓展基于数据的新服务业态。

如下图，“一链”将会以三种不同形式的链条全面打通港口上下游产业链。它们分别是政务流、信息流以及商务流。其中政务流将高效打通海关、海事、国检等口岸部门，提高政务文件处理效率。信息流作为连接港口与海陆空三种运输企业的桥梁可以减少港口与航运、海运、陆运衔接过程中的信息不对称和效率低下，提升信息共享与透明度。商务流则是从贸易、金融、货物三个方面串联贸易商、货代、货主以及金融机构，通过共享信息，降低金融风险，增加商务订单。

图3-4 智慧港口“一链”示意图



资料来源：西井科技

以新加坡港为例：

- ❖ 通过构建贸易信息平台Tradenet（一种EDI系统），横向联合，将新加坡所有的国际贸易主管机构连接到一个系统网络中。港口企业与政府之间可以无缝进行实时数据交换，还可以在线申请，处理贸易、货运代理等信息。比如，通关程序，能够高效地在一个电脑终端实现无纸化通关贸易审批、许可、管制，从而大幅减少船舶在靠岸、装载、卸载、离港等环节时的等待时间。
- ❖ 通过构建航运中心信息平台Portnet，垂直连接包括相关政府职能部门、代理、海关、港务集网、港口用户等，在全社会范围内共享信息。比如，在船舶到港之前一个月内，船公司通过Portnet系统向港口发送船舶的集装箱数量、到港时间等信息，使港口更好的与船公司以及其他利益相关方进行有效的串联。新加坡港还建有一站式货运管理服务CargoD2D，管理并简化中转运输服务的Ezship系统，以及提供航运报告信息平台TRAVIS系统，串联其上下游产业链。

目前，内地的“一链”发展尚处于早期。在打通“一链”的过程中，港口中不同子平台的利益会受到挑战，且推动“一链”发展的技术还不够成熟。另外，人们在观念上对智慧港口的建设还存在疑问，导致了在“一链”中各个参与方的信息不畅通，服务效率较低。

人工智能在港口物流链中的应用示例



解决方案1：智能单据管理系统

对于船舶代理企业、货运代理人、船公司而言，航运单证是他们提取货物和收付货款、明确承运人与托运人的权利与义务的重要文件之一。

国内外贸行业单证格式统一已经推广了10多年，但由于涉及到国内国外不同情况、用户习惯等原因，至今仍无法统一。人工输入信息存在精确度差、效率低的问题，并且文档类型多样，识别技术受限，比如传统OCR技术就无法识别JPG文件。

西井科技通过人工智能的自然语言处理(NLP)、计算机视觉、NOCR技术，可以把大量需要人工操作的单据录入和业务操作过程，变为无纸化的电子航运数据，减少人工成本，提升物流效率。

同时，人工智能识别技术可扩展至保险、医疗单证等领域，真正发挥数据的运用价值，打通数据产业链。



解决方案2：供应链金融风控管理

近年来，人工智能赋能于金融行业的应用十分广泛。在毕马威评选的“2018中国金融科技领先50”中提到智能技术在多个金融应用领域发力迅猛“基于机器/深度学习算法，目前人工智能赋能于金融领域已经可以实现智能理赔、智能定价、智能交易、智能合规、智能风控、智能识别等金融行业场景。

在“一链”中，港口供应链金融存在着资金流滞后、账期长、资金缺口大、货物风险重等情况，随着金融科技的发展和应用，人工智能可以应用在港口业务的各方面，如港口客户信用风险评价、反欺诈等领域赋能。



解决方案3：船只交通管理系统

智慧港口在“一链”中与船公司的合作必不可少，船只交通系统则是港口与船公司之间的桥梁。当人工智能赋能于船只交通系统时，以新加坡港为例，新加坡港正致力于打造全新的人工智能船只管理系统。该系统基于机器学习可以帮助港口预测船舶短期在海洋中的行驶轨道，并根据船的类型和历史数据预测船舶的长期航行情况。

此外该系统还可以集成各种风险模型和热点模型，量化船舶的丢失风险；以及智能协调模型避免船舶相撞。

利用人工智能技术打通物流链中的壁垒，将促进港口物流、信息流、资金流的高效运转，为货主、物流公司、航运公司、政府部门、金融机构等处于物流价值链的主体提供更加优质的服务。

未来，港口将成为集运输中心、数据中心、服务中心于一体的物流枢纽，推进资源跨行业、跨部门、跨区域优化配置。



智慧港口将朝着持续提升运输效率的方向，增强港口的运输能力。数字化技术为实现港口与货主、港口与港口间、港口与航运公司、港口与政府部门等机构的高效连接、数据共享提供了条件，港口服务情况和物流供应链情况将更加可预测，因此，各主体可以提前或及时进行有效操作，优化整体业务流程，推进贸易便利化。

01 运输中心



智慧港口数据的挖掘，需要持续完善港口信息化的基础设施，利用局域网、云计算、移动设备、物联网、视频监控系统等终端设备为港口、码头堆场实现数字化、网络化管理形成技术支撑。在港口内，将TOS、ECP等信息系统与智能港口机械融合应用，将实现信息系统指令与码头机械设备控制功能的无缝衔接；在港口外，通过打通港口上下游数据流，建立起港口数据中心，实现港口价值链信息资源的集中统一管理。

02 数据中心



智慧港口将实现从点对点式服务到平台式服务的转变，提高港口一体化服务水平。通过将上下游客户等多方业务协作主体引入智慧港口平台，及时有效地为各主体对接多货种、多功能、范围广和不同周期的综合物流活动，满足不同主体多元化、个性化的需求，实现交易服务的持续增值。

03 服务中心



打造全局化智慧港口解决方案——

（四）区域/全球智慧港口网络

区域/全球港口网络形成的趋势

1.大规模集疏运、跨港调拨衔接业务常态化。随着全球经济一体化，国际航运业出现了集装箱船舶大型化、集装箱航线干线化和航运公司联盟化三大趋势。四大联盟运力占全球80%以上。大规模集疏运、跨港调拨衔接等业务常态化，对港口作业提出更复杂要求，并推动港航竞合格局变化。

2.区域港口竞争白热化。作为航运业的基础设施，港口的功能开始向

枢纽港和支线港分化，各港口将竞相角逐具有高经济收益的枢纽港；同时，由于同一区域港口群体存在毗邻效应，各港口在竞争中为了保持自己的相对优势会朝合理的分工方向发展，在竞争中趋向合作。

3.在智慧港口趋势下，协调发展优势明显。港口间的分工协作、互联互通可以扩大港口经济规模，减少营运成本，增加港口盈利率，加速经济增长与繁荣，推动区域资源的优化配置和布局结构的调整完善。

图3-5 智慧港口“一网”示意图



区域港口协会模式

欧洲海航组织采用协会式管理模式，对欧盟内部分属于20个国家的1600个港口实施统一协调与管理，实现内部港口之间的一体化。

成立合资企业或联合机构

丹麦哥本哈根和瑞典马尔默成立统一的港口企业经营组合港，其中哥本哈根港主要为邮轮码头，马尔默港主要为滚装码头，二者互利共赢，共同推动两地经济发展。

错位发展加强合作

山东半岛的四大港口通过开辟多条航线以加强港口之间的业务联系；在集装箱运输发展中，各港口根据自身基础和特色承担不同功能，错位发展，优势互补。

人工智能在智慧港口网络中的应用

现阶段，考虑人工智能在港口网络中的应用，基本只能和港口间信息平台、信息共享相结合。只有基于数据，人工智能才有发挥的空间。

比如尝试在港口社区系统PCS（Port Community System）进行应用。港口社区系统是一个中立和开放的电子平台，连接多个组成海港、机场或内陆港口社区的组织系统，能够在公共和私人利益攸关方之间进行智能和安全的信息交流，以提高海洋和机场社区的效率和竞争地位，它通过单一提交的数据以及连接运输和物流链，优化、管理和顺畅自动化的港口和物流流程。

目前，基于未来智慧港口网络的高度，来构思未来港口发展的理念，还仅仅停留在少量头部港口的规划中。

但我们不缺乏对未来人工智能全球化智慧港口的畅想。

未来，在全球物流链中的港口连接系统中，远洋船只停靠的多个港口间可以实时安排调度，一个港口的延误并不会影响下个港口的可用容量。全球港口的连接意味着整个物流过程将变得透明和可预测，各港口能及时通知彼此航行路线以及与预期时间表的任何差异，充分利用码头的空间、资源及其运力，实现更短、可靠的过境时间，从而达到从生产工厂到客户的无缝对接。

4. 建议与展望





人工智能目前在智慧港口中应用的阻力

虽然港口从业者普遍认识到智慧港口是未来发展趋势，对新技术的应用是港口生产工作表上的重要议程，但在人工智能技术未足够成熟、效果仍待提高的情况下，港口一线人员和决策者对新技术的接受程度比较有限。

同时，多数从业者，对人工智能的定义不清晰，了解有限，认为人工智能仅仅是自动化的一种手段，对于人工智能技术带来的潜力不够重视。然而人工智能作为新的生产要素，对

港口带来的变化，如成本的急剧降低，资本的高效节约，在传统码头转型为智慧码头的过程中会起到极大帮助。

目前港口沉淀的数据分割在各个部门和平台内。人工智能在全局化智慧港口中的实现，尤其在“一纵、一链、一网”中，需要依赖于大量数据的共享。智慧港口的建设，会改变这些部门、平台的存在形式，造成的相关方利益冲突，甚至导致失业，是发展中的最大阻力之一。

但是，智慧港口“一横一纵一链一网”全局化体系的实现，最大的受益者将会是消费者和社会。

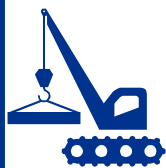
促进人工智能在港口应用的建议—政府层面

政策	引领	联盟
- 制定我国智慧港口建设的总体发展规划，提出分阶段、分步骤、分地区的可操作细则； - 加大港口的创新支持政策，降低港口企业的科技创新成本，提高港口引入自主原创的人工智能高新技术的积极性；	- 鼓励中国本土科技企业带头制定人工智能港口行业的技术标准，逐步形成在港区推广和应用的无人作业标准体系、评估规范和数据安全监管； - 鼓励港口企业充分发挥创新主体作用和行业协会组织的桥梁纽带作用，引领港口行业向更高层次发展；	促进国内若干大型港口成立联盟，打造区域自动化码头创新平台，如在长三角、珠三角、环渤海湾等港口群先行试点创新项目，加快形成一批典型应用案例和创新成果，带动全行业深入发展。

目前来说，在各港口进行的智能化改造项目，如港口闸口的智能化改造、岸桥理货系统智能化，较多是基层码头推动、科技公司牵头，再走集团审批流程，缺乏集团全局性的顶层设计，容易造成重复建设，浪费资源，又难以形成规模效果。并且，推进人工智能改造项目，需要整合港口管理权限，改变港口存在的多头管理现象。

从人工智能具备自我学习、自我适应、自我决策、自我完善能力的角度看，智慧港口还仅仅处在萌芽阶段。对人工智能技术的投入，需要港口运营者考虑和平衡短期、长期利益；并非大跃进地，“all in AI”能够朝夕而至的。

促进人工智能在港口应用的建议--企业层面



港口管理者需要建立起智慧港口建设的整体思路、关键方向、重点项目。港口经济，具有明显区域经济特点。不同港口面临各异的环境背景、资源、发展历程和目标，因此，港口管理者需明晰自身港口的顶层定位和规划，选择符合自身情况的发展策略，使人工智能技术的应用契合港口业务目标。



港口管理人员应开放与新兴科技公司的合作态度。智慧港口的建设，将建立在数据的基础上。港口生产作业，作为人工智能的细分行业场景，存在着较高的专业壁垒。那些具备人工智能技术，又对港口实际场景深耕的企业，才能成为领域技术应用的引领者。



码头运营者需要建立一支机智的、有创新能力的、具备人工智能能力的工作团队。人才引进如同产业发展，具有明显的“链式”效应。港口需整合优势资源，统筹引进技术人才“链式”联动发展，才能充分利用人工智能所能提供的力量。

附录





术语解释

集装箱箱号 Container Number

采用ISO6346(1995)标准,由11位编码组成,说明箱主、经营人,第四位代码说明集装箱的类型、箱体注册码(Registration Code)和校验码(Check Digit)。

岸桥 Ship-to-shore Crane

又称为岸边集装箱起重机、桥吊,是用来在岸边对船舶上的集装箱进行装卸的设备。

场桥 Yard Crane

堆货区内用于内场搬运的设备,分为轮胎吊(Rubber Tyre Crane)和轨道吊(Rail-mounted Gantry Crane)。

堆场 Container Yard

在集装箱码头内或码头周边地区,用于交接和保管集装箱的场所。

跨运车 Straddle Carrier

承担由码头前沿到堆场的水平运输以及堆场的集装箱堆码工作,具有机动灵活、效率高、稳定性好、轮压低等特点。

自动引导运输车 Automated Guided Vehicle

采用自动方式装载货物,按设定的路线自动行驶或牵引着载货台车至指定地点,再用自动或人工方式装卸货物的工业车辆。

集卡 Truck

用以运载可卸下的集装箱的专用运输车辆,在码头行驶的集卡车辆包括外集卡和内集卡。外集卡为运输公司拥有,完成客户进、提箱作业的集卡。内集卡,指仅在码头内行驶的集装箱卡车。

集装箱码头管理系统 Terminal Operation System

管理和控制码头作业各个环节的计算机管理系统,主要包括船舶计划、堆场控制、装卸船控制等,是码头生产的核心。

设备控制系统 Equipment Control System

控制码头设备的系统,如龙门吊(Gantry Crane)和岸桥(Ship-to-shore Crane)等。

车队管理系统 Vehicle Management System

与码头作业系统深度耦合的系统,应用于码头全局水平运输的任务分配以及车队调度。

航运单证 Shipping documents

国际贸易运输单据是提取货物和收付货款、明确承运人与托运人的权利与义务的重要文件之一。

理货 Tally

在货物装卸中,按货运票据对货物进行点数、计量、清理残缺、分票、分标志和现场签证、办理交接手续等工作的总称。

射频识别技术 Radio Frequency Identification

一种通信技术,可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触。

光学字符识别 Optical Character Recognition

指电子设备(例如扫描仪或数码相机)检查纸上打印的字符,通过检测暗、亮的模式确定其形状,并通过识别软件将图像中的文字转换成计算机文本格式,供文字处理软件进一步编辑加工的技术。

关于《中国港口》杂志

《中国港口》杂志作为国家级期刊，由交通运输部主管、中国港口协会主办，面向全国港口交通行业的国内外公开发行的的大型综合性月刊，是中国水路运输中文类核心期刊，入编中国期刊全文数据库，办刊三十年来，《中国港口》以其权威性、指导性和普及性的多重组合，为中国港口界所瞩目，并为推动中国港口行业发展做出了积极的贡献。

目前，由 100 多家主要港口和企事业单位参加了杂志社理事会。

关于西井科技

Westwell西井科技，从最初以类脑芯片业务为起点，通过市场导向，正积极打造“芯片+算法”的全栈人工智能解决方案，为智慧港口、智慧矿场、智慧城市、智慧医疗、物联网、工业4.0等行业赋能，以人为本，让科技变得更有人性和温度！

西井科技已在视觉识别、无人驾驶等方面实现商业化突破，并结合这些应用深入“一带一路”先锋领域智慧港口和智慧矿场两大场景，客户遍及海内外二十多个集装箱码头和大型矿企。





支持单位-毕马威中国

毕马威是一个由专业服务成员所组成的全球网络。成员所遍布全球153个国家和地区，拥有专业人员207,000名，提供审计、税务和咨询等专业服务。毕马威独立成员所网络中的成员与瑞士实体 — 毕马威国际合作组织（“毕马威国际”）相关联。毕马威各成员所在法律上均属独立及分设的法人。

毕马威中国在十九个城市设有二十一个办事机构，合伙人及员工约12,000名，分布在北京、长沙、成都、重庆、佛山、福州、广州、杭州、南京、青岛、上海、沈阳、深圳、天津、武汉、厦门、西安、香港特别行政区和澳门特别行政区。在这些办事机构紧密合作下，毕马威中国能够高效和迅速地调动各方面的资源，为客户提供高质量的服务。

1992年，毕马威在中国内地成为首家获准合资开业的国际会计师事务所。2012年8月1日，毕马威成为四大会计师事务所之中首家从中外合作制转为特殊普通合伙的事务所。毕马威香港的成立更早在1945年。率先打入市场的先机以及对质量的不懈追求，使我们积累了丰富的行业经验，中国多家知名企业长期聘请毕马威提供广泛领域的专业服务（包括审计、税务和咨询），也反映了毕马威的领导地位。

联系方式

《中国港口》杂志

童洁

总编

电话: +86(21) 6364 1497

邮箱: gkzzs@sohu.com



裴刚

副总编

电话: +86(21) 6364 0366

邮箱: alex022133@aliyun.com

西井科技

谭黎敏

创始人、CEO

电话: +86(21) 3335 6867

邮箱: kenny.tan@westwell-lab.com



周敏

公关传播高级经理

电话: +86(21) 3335 6867

邮箱: min.zhou@westwell-lab.com

支持单位-毕马威中国

吴剑林

信息与科技行业主管合伙人

电话: +86(755) 2547 3308

邮箱: philip.ng@kpmg.com



张端阳

项目经理

电话: +86(10) 5875 2555

邮箱: dora.zhang@kpmg.com

本报告由《中国港口》杂志与上海西井信息科技有限公司联合制作，并得到了毕马威中国的支持协作。本文件仅作为内容介绍之用，未经过《中国港口》杂志与上海西井信息科技有限公司的书面认可，文件的内容不得采取任何形式进行复制。尽管我们已致力提供准确和及时的数据，但我们不能保证这些数据在阁下收取本刊物时或日后仍然准确，文件中所述观点有可能在未经通知的情况下进行调整。任何人士不应在没有详细考虑相关的情况及获取适当的专业意见下依据本刊物所载资料行事。

《中国港口》杂志与上海西井信息科技有限公司版权所有，不得转载。中国印刷