



新形势下我国智慧港口建设现状与发展趋势

王媛, 席芳, 汤伊琼

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

摘要: 随着全球贸易的持续增长和新一代信息技术的快速发展, 智慧港口成为加快建设交通强国的重要先行领域, 对提升港口运营效率和响应国际贸易挑战至关重要。为推动港口产业数字化转型, 提升港口运营能力、服务质量和物流效率, 综合运用文献研究、比较分析和案例分析等研究方法, 分别从码头类型、技术应用、场景应用3个方面分析我国现阶段智慧港口的建设情况, 总结出智慧港口建设面临发展不够均匀、新一代信息技术应用不够广泛、数据应用不够充分等问题, 提出未来我国智慧港口将向智慧化转型、融合化协同、关键技术自主可控、绿色低碳和数据开放共享发展。研究成果可为智慧港口的规划和管理提供参考。

关键词: 智慧港口; 新技术; 建设现状; 发展趋势

中图分类号: U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0224-05

Current situation and development trends of smart port construction in China

WANG Yuan, XI Fang, TANG Yiqiong

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

Abstract: With the continuous growth of global trade and the rapid development of new generation information technology, smart port has become an important leading area for accelerating the construction of strong transportation country, and it plays as a critical role for improving port operation efficiency and responding to international trade challenges. To promote digital transformation of the port industry and improve port operation capabilities, service quality, and logistics efficiency, this paper comprehensively uses research methods such as literature research, comparative analysis, and case analysis to illustrate the current construction situation of smart ports in China from three aspects named terminal type, technology application and scenario application. It summarizes that the construction of smart ports is facing problems such as uneven development, insufficient use of new generation information technology, and inadequate data utilization. And it puts forward that in the future, China's smart ports will undergo transformation towards intelligence, integration, independent, controllable, low-carbon emission, and data sharing. The research results can provide references for the planning and management of smart ports.

Keywords: smart port; new technology; construction status; development trend

2019年, 中共中央国务院印发《交通强国建设纲要》, 提出要推动大数据、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, 智慧港口建设逐步加速。2023年交通运输部发布《关于加快智慧港口和智慧航道建设的意见》, 提出2027年全国港口和航道基础设施数字

化、生产运营管理和对外服务智慧化水平全面提升, 建成一批世界一流的智慧港口和智慧航道, 夯实数字底座, 推进生产经营管理智慧化、对外服务智慧化。我国港口已由规模速度型转向质量效益型, 建设智慧、安全、高效、绿色的现代大型港口是现代化港口发展的必然趋势, 同时也是

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 王媛(1990—), 女, 硕士, 工程师, 从事工程咨询、智慧工程工作。

服务交通强国、海洋强国、数字强国、“一带一路”等国家重大战略的现实需要^[1]。

1 我国智慧港口内涵和发展历程

智慧港口的“智慧”一词尚无国际公认的、标准的定义,综合行业内相关研究及实践,智慧港口可定义为,通过应用 5G、物联网、区块链、大数据、人工智能等新一代信息技术,创新港口生产、运营、管理和服务方式,对港口全要素、全过程、全场景进行数字化处理、智能化响应、智慧化决策,具有自动装卸、智能管理和数智服务等鲜明特征。

港口信息化发展历程可分为数字港口、智能港口、智慧港口 3 个阶段。数字港口优化码头业务管理,实现业务流程的电子化、无纸化、数字化,沉淀形成数字资产、实现可视化分析管理;智能港口应用物联网等技术,使港口生产运营、港口物理管理精细化、智能化;智慧港口则通过应用新一代信息技术实现对整个港口生态系统的全面智能化管理和优化。

2 智慧港口建设现状

2.1 码头类型

目前智慧港口建设以自动化码头为主,表现为集装箱码头自动化建设快速发展,干散货码头作业自动化建设加速,液体散货、客运码头等其他智慧港口探索推进的特点。现阶段智慧港口建设主要集中在沿海、大港口、大企业、新码头,内河、小港口、小企业、老旧码头的智慧港口发展还有较大空间。

1) 集装箱码头自动化建设。主要表现为岸桥、自动导引车、自动化轨道吊等自动化设备及港口管理、设备控制等自动化控制系统的持续优化和算法改进^[2]。截至 2023 年,我国自动化集装箱码头已建和在建规模均居世界首位,总体应用规模和技术水平处于国际前列。沿海 5 大港口群均拥有代表性的全自动化码头,自动化码头成为枢纽港口新建码头的优先选择;长江沿线内河自动化码头建设也在积极推进,集装箱码头自动化建设或改造仍是重点发展方向。我国主要集装箱自动化码头见表 1^[3]。

表 1 我国主要集装箱自动化码头

名称	码头类型及建设方式	装卸工艺
大连港集装箱码头	全自动化改造	远控岸桥+无人集卡+自动化轨道式龙门起重机(automated rail mounted gantry crane, ARMG)
营口港集装箱码头	半自动化改造	远控 ARMG
天津港北疆港区 C 段	全自动化新建	自动化单小车岸桥+智能集卡+自动化轨道吊
天津港五洲国际集装箱码头	半自动化改造	岸桥自动化改造+无人集卡+自动化轨道桥
天津港太平洋国际集装箱码头	半自动化改造	全自动单小车岸桥+无人集卡+自动化轮胎吊
青岛港青岛前湾四期	全自动化新建	自动化双小车岸桥+自动导引车(automated guided vehicle, AGV)+自动化轨道吊
日照港日照港石臼自动化码头	全自动化改造	自动化单小车远控岸桥+无人集卡+双悬臂 ARMG
唐山港京唐港区	半自动化改造	自动化单小车岸桥+集卡+自动化轨道吊
南通港通州湾吕四起步港区集装箱码头	全自动化新建	自动化岸桥+5G 无人集卡+ARMG
上海港洋山四期	全自动化新建	自动化双小车岸桥+AGV+ARMG
宁波舟山港梅山港区二期(6 [#] ~10 [#])	全自动化改造+新建	远控自动化单小车岸桥+智能集卡+远控自动化轮胎式集装箱门式起重机(automated rubber tyre gantry, ARTG)
宁波舟山港金塘港区大浦口集装箱码头	全自动化新建	远控岸桥+智能集卡+ARMG
芜湖朱家桥综合物流园区一期码头	半自动化新建	自动化远控场桥
厦门港远海码头	全自动化改造	自动化双小车岸桥+AGV+ARMG

续表1

名称	码头类型及建设方式	装卸工艺
厦门港海润码头	全自动化改造	桥吊+智能导引车(intelligent guided vehicle, IGV)/AGV+轮胎式龙门吊
广州港南沙四期	全自动化新建	岸桥+IGV/AGV+自动化轨道吊
广州港南沙三期	半自动化新建	远控半自动化轨道吊
深圳港妈湾港	全自动化改造	自动化单小车岸桥+智能集卡+ARMG
北部湾港钦州港大榄坪南	全自动化改造+新建	自动化双小车岸桥+IGV+ARMG
北部湾港防城港码头 513 [#] 泊位	半自动化新建	ARMG
阳逻港阳逻水铁联运二期	全自动化改造	无人集卡+ARMG
阳逻港二期码头	全自动化改造	远控岸桥+IGV+远控龙门吊

2) 干散货码头作业自动化建设。在干散货码头全流程作业线远程全自动化控制中,干散货生产系统、智能无人称重系统、数字料场智能化建设推广应用是建设重点。秦皇岛港推进干散货码头装卸作业全流程自动化、智能化升级改造,打造港口智慧物流,建设空气质量监控、尾气排放监控及水质监测等系统;曹妃甸港从生产管理、组织调度、操作工艺、设备无人化4个层面同步开展数字化升级,分别开展智能排产、生产管理系统、集控操作中心、单机远程无人化、生态运营中心等数字化建设工作;烟台港干散货自动化码头实现码头卸船、水平运输、堆取料、装车、混配、装船等全过程的作业自动化和集中管控;上海罗泾二期码头全自动桥式抓斗卸船机、全自动堆高机/取料机和全自动装船机等自动化设备通过中央控制室远程控制,减少人为操作失误。

3) 液体散货、客运码头等其他智慧港口建设。山东探索液体散货全自动无人机巡检系统、液体化工码头智能装卸技术,广东徐闻、浙江舟山正在探索智慧客运码头建设。

2.2 技术应用

5G、北斗、物联网、区块链、数字孪生、大数据、人工智能、大模型等新技术正加速融入港口的各个应用场景中^[4]。

1) 5G技术因具备低时延、高带宽、高可靠、大容量等特性,主要应用方向朝着自动化控制、龙门吊远程控制、无人集卡远程控制、港口智能

理货、港口全景高清视频监控、无人机巡检等发展。例如厦门远海码头基于5G技术,实现AGV通信管理、智能理货、港机远控、智能安防、司机行为分析、无人驾驶集卡网联协作等应用^[5]。

2) 北斗具有高精度、高可靠性和实时性等特点,可实现对港内货物和设备的实时定位,提高港口生产作业效率和安全性;广州港南沙四期采用北斗导航无人驾驶智能导引车,无须借助磁钉即可行驶,路径灵活多变,作业高效,可定点自动充电。

3) 物联网在港口的应用较为广泛,通过信息传感设备按约定的协议将物品与互联网连接,进行信息交换和通信,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理功能。分为感知层、网络层、应用层3层架构,感知层通过温度传感器、射频识别(radio frequency identification, RFID)、摄像头、GPS等感知终端识别物体、感知信息,并通过网络层传递和处理,应用于智慧堆场、智慧闸口、智能地磅、智慧消防、智慧监控等系统中,提高港区、停车场、码头及道路的智慧化生产管理效率^[6]。

4) 区块链技术具备安全性、保密性、防篡改等特点,常被应用于港口流程优化、物流跟踪、贸易融资、安全管理中。如形成数字化、无接触进口提货方案,大大缩短流程办理时间,降低经济成本,保障操作流程、时间、风险可控。

5) 数字孪生平台通过港区多维场景构建、孪

生体管理、数字化映射、模拟仿真技术向上层打造智慧港区管理、动态作业拟真、港区智能操作、车路协同一体化等应用场景。上港集团在洋山四期自动化码头建设多维度、全流程、超大型自动化码头数字孪生系统,还原了岸桥、场桥、AGV 3大设备的超精度行为和规则建模,实现设备运行的高精度拟真。

6) 大数据现阶段已实现海量数据汇集、构建智能决策大数据知识库的功能,部分港口已建设数据中心,以更好地服务港口航运、口岸通关、港口物流,但整体智慧化应用、数据价值挖掘程度还有待提升。人工智能在港口运营管理中能与大数据建立良好的合作,其关键技术包括机器学习、计算机视觉、智能决策等,能够使用人脸识别、手势识别、车辆识别等技术实时管控作业区域内的作业人员和车辆,识别并响应安全隐患。在大数据、人工智能和算法快速发展的背景下,市场已开展大模型 PortGPT 联合研发的点状尝试,但大模型研发还在探索阶段,智慧港口数据管理相关法律法规和标准化、共享性、安全性建设还有待进一步提升。

2.3 应用场景

2.3.1 生产作业

生产作业包括装卸工艺、生产管控智慧化和生产辅助等。装卸工艺以集装箱和干散货码头的自动化为主,岸边装卸方面,实现集装箱装卸桥、卸船机、装船机等设备的自动化操作;堆场装卸方面,实现轮胎吊、轨道吊、堆取料机、翻车机、卸车机、装车楼等设施设备的自动化操作;水平运输方面,实现无人驾驶,如自动驾驶集卡、IGV、AGV 与自动驾驶跨运车等;生产管控方面,生产作业系统服务港区内部管理所需的生产计划、设备调度、商务、物流、客户服务等生产业务功能,设备管控系统实现船舶装卸设备、水平运输设备、堆场装卸设备的自动化和高效安全作业,生产调度指挥系统实现港口生产作业、人车动态、作业流程、资源配置的可

视化、监测预警和应急调度控制;生产辅助方面,实现智能闸口、智能理货、智慧堆场、智能地磅等生产辅助管控^[7]。

2.3.2 运营管理

智慧港口运营侧重于港口经营管理,包括安全管控、设施设备管理维护,危化品、能耗、环境、水文等在线监测领域。安全管控方面,满足港口安防、禁区告警、火灾报警、危险货物实时监控等智能管控需求;设施设备管理维护方面,融合视频监控、振温监控、设备保护、智能巡视等系统,实时呈现设备设施工作状态,实现故障预诊断、设备生命周期管理等功能;环境监控方面,对空气质量、尾气排放及水质进行检测;能耗管控方面,监测各单位能耗情况并上报数据。

2.3.3 综合服务

港口综合服务表现为智慧口岸、智慧物流、多式联运一体化、交易平台、数据服务等常用场景。智慧口岸方面,口岸集疏运体系、生产操作、仓库管理、物流跟踪、通关监管等方面的智慧化水平逐步提升,通过数据对接,实现外贸直接进出口、转关进出口、场内拆拼箱、空箱调拨、内外贸同船运输等业务的无纸化和快速化,提高通关效率和口岸便利化水平;智慧物流方面,推进港口经营单位与政府部门、企业间的信息互联共享,对物流服务供应链上的物流、信息流、资金流进行全面整合,实现港口物流实体间的业务协同,提高物流便利化和业务效率,推动多式联运“一单制”、“一箱制”,推广标准化单证、促进信息数据互联互通、拓展单证服务功能,促进物流降本增效;数据服务方面,通过对港口生产操作、业务经营管理、外界关联数据采集汇聚,形成港口大数据中心,汇聚船舶、箱货、客户及经营结算等海量数据,结合物联网技术动态感知获取机械、车辆、物流全链数据形成的核心数据资产,为客户提供数据挖掘服务,辅助企业优化业务管理、提高运营效率、降低经营成本^[8]。

3 智慧港口发展趋势

交通运输部 2020 年 1 月—2023 年 10 月数据显示,自 2020 年以来,全国港口、沿海港口和内河港口货物吞吐量均呈现缓慢上升趋势,增长率基本保持稳定,预计未来水运整体规模将保持中低速增长,见图 1。港口由高速发展逐步转为高质量发展,智慧港口将是水运行业高质量发展的增长点。

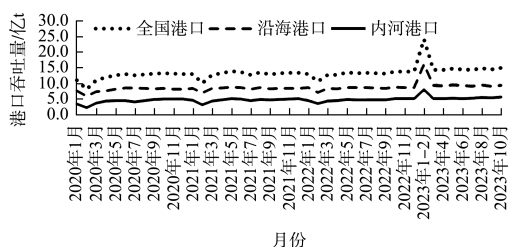


图 1 2020 年 1 月—2023 年 10 月全国港口吞吐量

根据现状分析,智慧港口呈现以下发展趋势:

1) 新技术驱动港口转型升级,从数字化、智能化向全面智慧化升级。新一轮科技革命和产业变革使市场更关注高质量的港口安全保障能力、通航服务能力、创新驱动活力和可持续发展能力,数据赋能、智慧决策、创新港口生态圈等市场新需求不断丰富,呈现多码头类型覆盖、多技术应用覆盖、多应用场景覆盖的发展趋势,港口由数字化、智能化向全面智慧化升级。

2) 融合化协同发展趋势明显,港口价值服务链不断拓展延伸。智慧港口将会促进港口与物流、贸易等领域深度融合,实现港口、物流和贸易的协同发展。①向综合物流枢纽发展,加速港口物流上下游资源整合与集成,促进港口全程物流链服务相关方业务协同与高效衔接^[9];②向海陆延伸价值,依托腹地经济向内陆拓展,为海运、陆运、空运提供综合物流服务,提高联运效率;③实现全球商贸中心的功能,为客户提供便捷的运输、商业和金融服务。

3) 加强核心装备和系统研发,实现部分核心关键设备和系统自主可控。在消化吸收国外经验的基础上,我国已全面掌握了自动化码头设计建造、装备制造、系统集成和运营管理全链条的关

键技术,完成从“跟跑并跑到领跑”的转变。实现智慧港口从底层硬件到上层关键核心技术自主可控是当前阶段我国智慧港口发展的必然选择。

4) 智慧赋能港口绿色发展,港口减污降碳是重要发展方向。交通运输部《关于加快智慧港口和智慧航道建设的意见》提出,鼓励“光伏+”储能、“风电+”储能等清洁能源多能互补及设备迭代升级;推进能耗智能监测、能源智能管理、环境智能监测等系统的应用;鼓励应用喷淋抑尘智能联动控制系统,提高用水节水智能管理水平。在碳达峰、碳中和发展目标下,绿色低碳是未来智慧港口发展的重要方向之一。

5) 推动业务协同数据联通,加速数据有序共享、交易和应用。数据时代到来,上海港、舟山港、广州港、深圳港、青岛港、日照港等已建立港口大数据平台或数据中心。应用港口数据采集与交互平台、大数据平台和电子数据交换平台,能够有效提升生产数据采集与交换的实时性、准确性和安全性,为合理利用数据资产、深入挖掘数据价值、实现数据融合应用提供技术支持和保障^[10]。智慧港口建设将更加注重数据共享性和开放性,深挖和释放数据的深层价值,发展大数据共享、分析与交易,进一步释放数据要素价值。

4 结论及建议

1) 我国自动化码头建设已取得显著成就,在生产作业、运营管理和综合服务方面的应用场景不断丰富,智能化、融合化、绿色化、协同发展趋势逐步明显,但整体智慧化程度不足,存在发展不均衡、部分关键技术国产化水平不够高、数据价值挖掘有待提升等问题。

2) 为进一步加快智慧港口的发展进程,建议:①充分应用人工智能、大模型等新兴技术,提升港口自动化设备的智慧水平和作业效率,扩大对不同码头类型、不同应用场景的智慧化应用范围,提高港口的运营效率;②通过政策支持和资金投入,推动内河、小港口、小企业、老旧码头的智慧港口建设,缩小与沿海大型港口的技术

(下转第 287 页)