

2025 年度山东省科技进步奖提名公示内容

一、项目名称

超大型自动化码头高效运控系统关键技术研发及应用

二、提名者：山东省交通厅

提名意见：

港口是国家基础性、枢纽型设施，其运控系统直接关系产业链安全与国际竞争力。我国集装箱码头核心系统长期受制于欧美技术垄断，存在效率瓶颈与安全风险。

该项目面向超大型自动化码头高效管控需求，突破三大技术挑战，研发了基于自学习模型的集装箱全要素最优堆场选位与船舶自适应极速配载，解决了全场区范围的集装箱最优实时选位和超大型船舶的集装箱高效配载难题；发明了实时作业负载均衡的港口车-桥协同调度和交互冲突联动消解的港口车辆路径协同规划技术，解决了车-桥复杂作业流程的实时编排和强冲突场景下港口车辆路径高效规划难题；研发了面向超大型集装箱码头管控系统的高持续性、高均衡性、高兼容性的一体化微服务容器编排架构，突破异构系统协同瓶颈，构建全链路秒级响应能力，装卸效率达67.76自然箱/小时。

研究成果取得了丰富的知识产权，已在青岛、日照、烟台等港口实现规模化应用，经济、社会、生态效益显著。

提名该项目为2025年度山东省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

港口是国家经济发展与战略安全的核心枢纽，承担我国 90%以上外贸运输量。在贸易量激增与船舶大型化发展的双重驱动下，智能高效已成为全球港口转型升级的必然选择。然而，我国集装箱码头核心生产运控系统长期被美国 Navis 和荷兰 TBA 等国外企业垄断，面临技术封锁、维护成本高昂、潜在信息安全风险等严峻挑战。在此背景下，自主研发具有完全知识产权的码头运控系统，成为突破“卡脖子”困境、保障国家战略安全的重大课题。该项目聚焦三大技术挑战：

(1) 码头集装箱堆场选位和船舶配载需满足数百项约束与目标，求解复杂度随问题规模呈指数级增长，加之集装箱出入港具有强不确定性和高并发等特点，难以满足千万级年吞吐量码头的实时装卸计划需求。

(2) 岸桥、场桥、AGV、集卡等多种类码头作业装备任务编排耦合性高、路径分配冲突性强，现有系统多采用分组优化方式，无法保证全局最优，且单设备偏离调度计划时极易对其他设备造成级联延误，严重影响码头作业效率及韧性。

(3) 集装箱码头全自动化涉及四大类设备、数百种集装箱属性、上千种作业工况的全天候管控，现有的码头操作系统和设备控制系统由不同供应商独立开发，在实际应用中存在信息孤岛化、管控碎片化等问题，严重影响码头作业效率与安全。

项目针对上述难题开展攻关，形成主要创新点：

1. 发明了多目标优化的全场区高效选位和并行计算支持的船舶极速配载技术，构建了基于专家系统和数据驱动的自学习模型，解决了全场区范围集装箱最优实时选位和超大型船舶集装箱高效配载难题，实现了选位速度和配载效率大幅提升；

2. 发明了实时作业负载均衡的港口车-桥协同调度和交互冲突联动消解的港口车辆路径协同规划技术，解决了车-桥复杂作业流程的实时编排和强冲突场景下港口车辆路径高效规划难题，提升了车-岸桥/场桥设备利用率和码头作业效率；

3. 首创了面向超大型集装箱码头管控系统的高持续性、高均衡性、高兼容性的一体化微服务容器编排架构，发明了无缝滚动升级技术，研发了全球首个集管控-调度-运维-测试于一体的全自动化码头高效运控系统，实现了超大型港口全天候运营与监控，最高装卸效率达到 67.76 自然箱/小时，居全球之最。

项目取得了丰富的知识产权，研究成果已在青岛、日照、烟台等港口实现规模化应用，经济效益显著，对我国自动化码头运控技术研发与应用具有重要意义。获 2023 年度青岛市科技进步特等奖、2022 年中国航海学会一等奖等奖项，入选省属企业首批十大科技创新成果。

四、主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准)类别	知识产权 (标准)具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准 编号)	授权 (标准 发布) 日期	证书编 号(标准 批准发 布部门)	权利人 (标准起 草单位)	发明人(标 准起草人)	发明 专利 (标准) 有效 状态	第一完 成人是 否为发 明人 (标准 起草 人)	第一完 成单位 是否为 权利人 (标准 起草 单位)
发明专利	自动化码头 QCTP 作业中 AGV 路径优化方法和系	日本	特许第 7152530 号	2022-10-03	7152530	青岛港国际股份有限公司，青岛新前湾集装箱	李永翠、殷健、刘耀徽、吴艳丽、刘俊杰、陈强、耿卫宁	有效	是	是

	统					码头有限责任公司				
发明专利	基于时间预估模型的 AGV 调度方法	中国	ZL202110098290.8	2021-11-30	4820091	青岛港国际股份有限公司, 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	李永翠、刘耀徽、陈强、张晓、刘长辉、张雪飞、丛安慧、柳璠	有效	是	是
发明专利	一种基于混合整数规划、组合优化算法的 AGV 调度方法	中国	ZL202110920814.7	2024-02-13	6716661	青岛港国际股份有限公司, 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	陈强、刘耀徽、李永翠、殷健、李波、张雪飞、柳璠、丛安慧、张晓、刘长辉	有效	是	是
发明专利	一种自动化码头陆侧 ASC 高效低碳作业实现方法	中国	ZL202210969755.7	2024-06-25	7131187	青岛港国际股份有限公司, 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	李永翠、陈强、刘耀徽、李波、吴艳丽、郭炜立、葛秀波、张雪飞 王沪青、王东远	有效	是	是
发明专利	自动化码头装船配载、卸船堆场派位方法以及系统	中国	ZL201811088035.X	2021-06-04	4461546	青岛港国际股份有限公司, 青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	殷健、刘玉坤、李永翠、杨杰敏、王罡、徐永宁、李波、张玉龙、吴艳丽	有效	是	是
发明专利	一种多 AGV 在线任务分配方法及系统	中国	ZL202210716146.0	2023-05-16	5971332	湖南大学无锡智能控制研究院	王晓伟、吴嘉璇、吴松屿、秦兆博、谢国涛、秦洪懋、边有钢、胡满江、秦晓辉、徐彪、丁荣军	有效	否	否
发明专利	自动化码头三维可视化系统	中国	ZL202010479420.8	2023-12-12	6554374	青岛港国际股份有限公司, 青岛新前湾集装箱	李永翠、张晓、张连钢、刘耀徽、陈强、荆嘉宝、张传军、刘	有效	是	是

						码头有限责任公司	玉坤、马慧娟、李波、张洪波			
发明专利	一种基于视觉定位的群机器人控制系统及方法	中国	ZL201510750371.6	2019-01-29	3236787	武汉理工大学	李文锋、胡心韵、杨世锋、窦军、韩洋	有效	否	否
发明专利	一种基于云-边计算的多搬运机器人调度方法	中国	ZL202210036118.4	2024-08-06	7267102	东南大学	李俊、丁鹏辉、相同同	有效	否	否
软件著作权	全自动化集装箱码头智能管控系统[简称：A-TOS]V1.3	中国	2023SR1469800	2023-11-20	12056973	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	李永翠、张连钢、李波、陈强、刘耀徽、韩亮、秦晓辉、徐彪、边有钢、高亚、苏建光、李俊、韩锐、张雪飞、葛秀波	有效	是	是

五、主要完成人情况

姓 名	李永翠	排 名	1
技术职称	教授级高工	行政职务	科技与数字化部部长
工作单位	山东省港口集团有限公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、提出项目目标，总领设计路线，设计适应全自动化码头业务的超大型自动化码头高效运控系统总体方案； 2、主导项目技术路线和自动化码头智能化升级方案可行性论证； 3、主导核心算法和模型设计与研发。			

姓 名	韩亮	排 名	2
技术职称	高级工程师	行政职务	无
工作单位	中车株洲电力机车研究所有限公司	完成单位	湖南大学无锡智能控制研究院
对本项目技术创造性贡献：			

- 1、参与自动化码头运控系统一体化建设方案的制定；
- 2、分析影响码头生产效率和安全的因素，研究设备控制交互方法；
- 3、参与构建关键环境AGV调度优化模型和算法，针对车-桥复杂作业流程的实时编排难题，研发了实时作业负载均衡的港口车-桥协同调度技术。

姓 名	陈强	排 名	3
技术职称	高级工程师	行政职务	软件开发部经理
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、负责项目可行性分析论证； 2、负责系统需求分析、技术详细设计研发及功能测试工作； 3、负责系统技术架构选型，主导系统架构和核心算法研发，解决超大型码头高复杂度业务逻辑与大规模设备交互运维难题。			

姓 名	李波	排 名	4
技术职称	高级工程师	行政职务	副总经理
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、提出项目目标，设计适应全自动化码头业务的智能管控系统总体方案； 2、参与项目技术路线和自动化码头智能化升级方案可行性论证； 3、主导系统业务逻辑、流程、方案制定。			

姓 名	刘耀徽	排 名	5
技术职称	工程师	行政职务	软件开发部副经理
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、负责项目组织和管理，构建系统管控关键技术体系，推进项目方案实施； 2、负责堆场、船舶计划及资源配置算法，以及设备智能调度与控制等核心算法研发，发明多目标优化的全场区高效选位技术，解决了超大型码头的随机高并发集装箱堆场最优选位难题； 3、主导系统测试工作。			

姓 名	秦晓辉	排 名	6
技术职称	高级工程师	行政职务	副总经理
工作单位	江苏集萃清联智控科技有限公司	完成单位	湖南大学无锡智能控制研究院
对本项目技术创造性贡献：			
1、分析自动化码头生产效率低下等痛点问题，设计、论证高效的码头生产作业整体管控方案； 2、把控项目的进度、质量，进行风险管理； 3、参与一体化码头高效运控系统全新架构的设计，研发“全链全时监测+隐患事前预警+故障自动处理”港口测试与智能运维一体化监控平台，解决了碎片化运控引发的测试低效难题和系统故障发现不及时、定位不准确、响应速度低的问题。			

姓 名	徐彪	排 名	7
技术职称	高级工程师	行政职务	总经理
工作单位	江苏集萃清联智控科技有限公司	完成单位	湖南大学无锡智能控制研究院
对本项目技术创造性贡献：			
1、研究设计岸边装卸、水平运输和堆场装卸设备的协同调度和控制方法，运用云原生等技术开发了全新的超大型自动化码头高效运控系统，大幅提升了系统集成度与动态响应水平，解决了传统系统升级方式引发的停产问题； 2、参与论证与设计码头运控系统方案； 3、提出基于监控、定位技术的自动化运维方法。			

姓 名	边有钢	排 名	8
技术职称	教授	行政职务	无
工作单位	湖南大学	完成单位	湖南大学无锡智能控制研究院
对本项目技术创造性贡献：			
1、参与设计码头运控系统一体化架构； 2、研究设计岸边装卸、水平运输和堆场装卸设备的协同调度和控制方法，研发了基于设备负载均衡及码头生产作业实时数据的调度技术，大幅提升了全域调度效率； 3、研究机械设备安全控制，提出设备交互冲突联动消解方法，针对强冲突场景下港口车辆路径高效规划难题，研发了交互冲突联动消解的港口车辆路径协同规划技术。			

姓 名	高亚	排 名	9
技术职称	高级工程师	行政职务	副总经理
工作单位	山东省港口集团有限公司	完成单位	山东省港口集团有限公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、指导制定项目推广计划和知识产权转化，积极协调各方资源，推动项目成果在多个场景的应用与落地，为项目的广泛应用奠定基础； 2、在项目的进度、质量、风险管理方面提出合理建议，确保科学合理的阶段性目标和关键节点控制建议，使项目按计划稳步推进。			

姓 名	苏建光	排 名	10
技术职称	正高级工程师	行政职务	青岛港技术中心主任
工作单位	青岛港国际股份有限公司	完成单位	青岛港国际股份有限公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、参与制定自动化码头运控系统的建设方案，结合各港口的实际情况，提出针对性的优化建议，使方案更具可操作性和适应性； 2、参与设计集装箱码头一体化高效运控系统全新架构，协同整合各子系统，确保架构的科学性和前瞻性，为系统的高效运行提供坚实支撑。			

姓 名	李俊	排 名	11
技术职称	教授	行政职务	无
工作单位	东南大学	完成单位	东南大学
对本项目技术创造性贡献：			
1、提出的着色旅行商问题（CTSP）理论方法适用于各类多机多任务系统的调度问题及各种次序决策问题的统一建模与高效求解，已应用于本项目的大规模设备调度模块中； 2、研究云-边-端融合的多机优化调度与控制的架构方案，参与系统调度控制架构搭建； 3、参与设备调度算法、计划算法、岸线资源调度算法的设计，提出分布式实时最优选位算法，研发了基于轨迹预测和启发式搜索的车辆路径协同规划与周转任务动态均衡技术。			

姓 名	李文锋	排 名	12
技术职称	教授	行政职务	无
工作单位	武汉理工大学	完成单位	武汉理工大学
对本项目技术创造性贡献：			
1、研究船舶自适应极速配载的异构岸桥资源配置模型及算法，设计基于码头作业特征的资源协同策略、评估机制和多目标进化算法，实现码头资源配置的智能生成； 2、提出了智能调度和运作优化方法，实现了移动设备的动态优化与协同管控； 3、提出了大型复杂码头智慧运维与自动化测试方法。			

姓 名	韩锐	排 名	13
技术职称	工程师	行政职务	软件研发室副经理
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、参与项目可行性的分析论证； 2、参与项目云-边-端技术架构设计，提出基于云原生的云-边-端柔性一体化架构，针对性解决信息孤岛化和管控碎片化的痛点； 3、主导“信息管网”技术研究，实现多端自适应智能协同、多源异构数据实时存储交互，提出了基于微服务与编排控制器实时信息交互的无缝滚动升级技术。			

姓 名	张雪飞	排 名	14
技术职称	工程师	行政职务	项目管理室经理
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、参与项目可行性分析论证； 2、负责设备调度及执行需求分析、系统研发、功能测试及逻辑优化； 3、负责水平运输设备、堆场装卸设备、空中轨道设备智能调度等核心算法研究，提取码头设备数据，结合码头高动态数据刷新特性等因素，构建了多设备联动作业预测模型法。			

姓 名	葛秀波	排 名	15
技术职称	高级工程师	行政职务	无
工作单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	完成单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
对本项目技术创造性贡献：			
1、对集疏运模块进行需求分析，提出智能集疏运工作流算法，实现集疏运全流程优化； 2、开发陆侧模拟仿真系统实现闸口全流程自动化测试，闸口模块的持续改进优化； 3、参与设计不同设备间的智能协同调度优化算法，支持大规模自动化集装箱码头高效高质量的智能协同调度算法开发与测试，提出了融合路径特征和多车轨迹时空关系的碰撞风险评估模型及冲突消解方法。			

六、主要完成单位情况

单位名称	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	排 名	1
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：			
青岛新前湾集装箱码头有限责任公司作为本项目第一完成单位，积极发挥自动化集装箱码头业务和技术优势，具体实施完成超大型自动化码头高效运控系统各项研究任务，本项目的主要贡献如下： 1、组织确定本项目总体建设目标和主要内容论证，负责总体系统架构、技术路线、技术方案及项目管理方法的制定，具体实施设计自动化码头智能运控系统新模式，负责项目核心关键技术攻关、创新研发、系统集成、调试及实际应用，全面管控项目周期、进度，保证了项目的科学性。 2、系统设计一体化全新架构，构建智能融合算法平台，全新研发可支持千万级 TEU 吞吐量的集生产资源、计划调度和设备控制等协同管控技术于一体的全自动化集装箱码头智能管控系统，具备智能生产计划、智能堆场选位、智能船舶配载、智能设备调度与控制、智能码头管理、监控与仿真等功能，创新智能“信息管网”式的高效信息处理模式，实现生产资源、计划调度和作业控制的无缝衔接及“卡脖子”技术的完全自主可控，完成了核心关键技术的创新设计、研发、集成、调试和实际应用，项目成果达到了国际领先水平。			

单位名称	青岛港国际股份有限公司	排 名	2
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：			
青岛港国际股份有限公司积极发挥港口技术管理的核心优势，为项目的研究和实施创造了良好的工作条件，并组织完成项目的各项研究任务，本项目主要贡献包括： 1、论证并确立了自动化码头高效运控系统的总体建设目标和主要内容，审核总体技术路线、技术方案及项目管理方法制定，协助项目整体规划设计，参与设计自动化码头生产作业的管控过程并为系统整体架构的建设提供支持，组织项目可行性、先进性及相关技术方案论证、实施方案审查，保证了项目的科学性； 2、协助项目相关核心技术的创新研发、系统集成和调试。在项目建设的过程中对全自动化集			

装箱码头智能管控系统的研发提供帮助，沟通交通运输部及山东省、青岛市相关职能部门，获取政策支持，协助联系海关、边检等外部监管单位通知系统上线切换等相关事宜；

3、在集团内外部统筹规划，协调高校、码头等资源，制定合理的复制推广计划，组织多样的交流形式并通过多种渠道为项目宣传，构建全自动化集装箱码头智能管控系统相关技术成果在内外单位推广应用的桥梁；

4、在项目建设过程中，积极联系行业专家对项目关键环节及技术进行指导，协助项目团队提升创新意识和能力，加速全自动化集装箱码头智能管控系统的建设进程。

单位名称	湖南大学无锡智能控制研究院	排 名	3
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 湖南大学无锡智能控制研究院充分发挥在机械控制领域技术和人才优势，参与本项目港口设备控制方法、港口运营与监控系统的研发，主要贡献如下： 1、结合青岛新前湾集装箱码头的实际情况，参与项目的整体规划设计，并在研究院的实验平台进行测试，确保项目的有效性和先进性； 2、构建了自动化集装箱码头岸边装卸、水平运输、堆场堆存、集疏运等业务场景下移动设备协同作业的集成调度模型，提出了设备智能调度任务分配方法。 3、提出了融合路径特征和多车轨迹时空关系的碰撞风险评估模型及冲突消解方法，实现了大规模移动设备的多阶段动态优化与协同管控。			

单位名称	山东省港口集团有限公司	排 名	4
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 山东省港口集团有限公司作为本项目第四完成单位，始终以“加快建设世界一流的海洋港口”为总目标，加快推进科技创新发展，统筹协调各项资源优势，为项目的研究和实施提供良好的工作平台，对本项目主要贡献包括： 1、针对超大型自动化码头高效运控系统的总体建设目标和主要内容进行总体把关，提供系列科技创新发展政策支持，为创新项目建设提供良好的工作平台； 2、在项目建设的过程中提供帮助，沟通交通运输部及山东省、青岛市相关职能部门，获取政策支持，与高科技创新企业签订相关合作协议，为项目研究及创新发展注入新的动力，积极推动项目应用新技术新理念； 3、在集团内外部统筹协调，协调各高校、码头等资源，在集团内部积极应用并制定复制推广计划，积极推动项目发布宣传工作，提高项目知名度。			

单位名称	东南大学	排 名	5
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 东南大学已与青岛新前湾集装箱码头有限责任公司建立密切的合作关系，东南大学自动化学院提出的着色旅行商问题（CTSP）理论方法，广泛适用于各类多机多任务系统的调度问题及各种次序决策问题的统一建模与高效求解。主要贡献如下： 1、参与项目思路和技术路线的确定以及项目整体规划，负责调度算法和系统架构的设计并研			

究项目实施方案，确保项目算法高效、架构先进；

2、参与开发智能融合算法平台，包含了基于 CTSP 的通用设备调度算法、设备使用计划算法、岸线资源调度算法等，应用于设备调度模块；

3、优化了自动导引车及轨道吊的调度逻辑，综合考虑岸边及堆场的作业情况，动态调整多任务多资源情况下的设备与任务的匹配；

4、为系统的运行提供了建设性意见与建议，同时也带动了项目团队的创新意识和能力提升。

单位名称	武汉理工大学	排 名	6
对本项目科技创新和应用推广情况的贡献： 武汉理工大学充分发挥自身在港航领域的学科专业和人才优势，在水路交通控制全国重点实验室、港口装卸技术交通运输行业重点实验室等基地支持下，学校积极完成了项目的各项研究任务。主要贡献如下： 1、研究支撑船舶自适应极速配载的异构岸桥资源配置模型及算法，为码头资源配置的智能生成提供理论支持； 2、开发了自动化集装箱码头岸边装卸、水平运输、堆场堆存、集疏运等业务场景下移动设备协同作业的集成调度模型，提出了智能调度和运作优化方法，实现了大规模移动设备的多阶段动态优化与协同管控； 3、设计集装箱码头运控系统设备调度、设备派发模块，参与研发资源配置算法、设备调度算法、作业设备协同控制算法。			