

自动化集装箱码头标准体系研究与应用

经济社会效益及 促进行业科技进步情况报告

项目承担单位：山东港口青岛港集团有限公司

项目参加单位：青岛新前湾集装箱码头有限责任公司

交通运输部科学研究院

2022 年 9 月

目 录

1	项目研究内容	1
2.	经济效益分析	4
3	社会效益分析	4
4	促进行业科技进步作用	6
5	具体实施案例分析	7
6	效益证明	10

1 项目研究内容

本项目按照“构建标准体系、研发关键技术、制定实施标准”的总体思路，以自动化集装箱码头技术体系为导向，通过构建自动化集装箱码头标准体系，系统提出标准制修订需求，据此按照“技术研究支撑标准研究，标准研究支撑标准化工作”的研究思路，系统开展自动化集装箱码头信息系统、设备远程操控安全作业和自动引导车及浅充浅放充电等关键技术标准的研制，并进行实施推广应用。解决自动化集装箱码头标准体系不健全、关键技术标准缺失等问题，进一步推动具有中国技术特色的自动化集装箱码头技术方案的复制与推广。

主要研究内容包括：

（1）国内外自动化集装箱码头发展现状与趋势分析

采用资料收集、现场调研、专家咨询等方法，广泛收集国内外自动化集装箱码头分布和技术发展情况、标准化研究和实践成果等，依据技术迭代和自动化程度，研究划分自动化集装箱码头的发展历程与阶段，明确各阶段的主要工艺特点、技术特点、核心关键技术和存在的问题，系统梳理国内外自动化集装箱码头现状、标准化研究和实践成果，进行自动化集装箱码头与传统集装箱码头的比较和国内外自动化集装箱码头标准化现状分析，提出自动化集装箱码头的标准化工作存在的问题和需求，综合研判自动化集装箱码头发展趋势，明确多样化设备和工艺模式，以及智慧高效、绿色低碳、自主可控的发展要求。

（2）自动化集装箱码头技术体系分析

充分借鉴青岛前湾等自动化集装箱码头建设运营经验，采用对比分析方法，研究对比传统集装箱码头与自动化集装箱码头的技术特征。分析自动化集装箱码头在规划设计、设备自动化、信息系统和远程操控方面的技术特征，以自动化集装箱码头的信息技术、港口设备自动化技术和远程操

控等关键技术为核心，梳理自动化集装箱码头的自动化设备、信息系统和设备控制系统以及远程操控等核心技术要点，分析自动化集装箱码头自动化岸边装卸设备、水平运输设备和堆场装卸设备的相关技术和工艺，码头TOS、ECS 和远程操控系统的系统构成和技术功能，并系统分析和整理我国港口自动化集装箱码头在 5G 技术、绿色低碳、全自动化和设备流程改进优化等技术领域取得的创新成果，为构建自动化集装箱码头标准体系提供技术体系基础。

（3）自动化集装箱码头标准体系构建研究

采用霍尔三维结构理论模型、统计归纳、专家咨询等研究方法，通过进行交通运输领域现有相关标准体系对比分析，结合自动化集装箱码头全生命周期、技术要素和发展现状，明确自动化集装箱码头标准体系框架，主要包括了自动化集装箱码头“建、管、养、运”全生命周期需要实施应用的基础标准、技术标准、产品标准和服务管理标准，且纳入标准体系的标准包括自动化集装箱码头涉及的现行有效国家标准、行业标准，以及自动化集装箱码头应制定的专用标准。在整理集装箱码头通用标准基础上，对照自动化集装箱码头技术体系和技术要求，系统分析提出自动化集装箱码头的标准需求，构建适应我国自动化集装箱码头的标准体系，体系涵盖基础通用、前期准备、规划设计、建设集成、测试验收、运营维护 6 大类 256 项重点标准，并采用量化方法，构建了 4 项一级指标和 13 项二级指标评价模型，对所构建标准体系的支撑水平和匹配程度进行评估，并进行周期性动态调整持续优化，。应用标准体系研究成果，系统推动自动化集装箱码头关键标准研制。

（4）自动化集装箱码头关键技术标准研制

集成应用因果分析法（鱼骨图分析法）、SWOT 分析法等量化研究方法，基于青岛港自动化集装箱码头技术经验，应用标准体系研究成果，重点研制自动化集装箱码头规划设计、信息系统、自动化设备及远程控制系统等

方面的标准，如 TOS、ECS 系统架构和对应的技术功能、自动化设备及远程操控安全作业的相关内外部优劣因素、AGV 及其供电系统优化等标准，保证标准内容的科学性和实用性。并积极开展企业研制形成的自动化集装箱码头信息系统、设备远程操控安全作业、自动引导车及浅充浅放充电等技术标准向国家标准、行业标准和团体标准转化，推动我国自动化集装箱码头技术革新和发展、技术成果和相关标准更广泛的推广应用。

2. 经济效益分析

本项目在青岛新前湾集装箱码头有限责任公司进行全面应用验证，取得了如下经济效益包括直接经济效益、节省能源投资和节省能源费用等。

（1）直接经济效益

通过实施标准化远程操控作业，优化自动化作业流程，平均装卸效率较国外提升约 50%，增收约占因效率提升带来新增总收入的 30%。码头公司 2019 年-2021 年累计完成船舶 3106 艘次，作业能力不断提升，船舶准班率 100%，主营业务收入累计增长约 7 亿元，利润累计增长约 1.6 亿元。据此，按照项目增收约占因效率提升带来新增总收入的 30% 计算，项目带动的新增收入约 2 亿元，利润约 4700 万元。

（2）节省建设投资

通过应用 TOS、ECS 标准实现关键信息系统国产化，综合节约成本超 1 亿元；应用符合标准的浅充浅放 AGV 水平运输系统，较国外建设换电站，节约建设成本 2.86 亿元。

（3）节省能源费用

AGV 水平运输系统较国内外单循环能耗降低 0.2KWh，按 2019-2021 年 AGV 作业量计算，累计节约电量近 120 万 kWh，以平均每度电价 1 元计算，节省能源成本约 120 万元。

3 社会效益分析

本项目现已取得显著的社会效益，具体表现在以下几个方面：

（1）推动了技术创新与标准化的深度融合

项目围绕自动化集装箱码头标准化，形成了多项新技术、新方法、新产品，同步制定形成关键技术标准，以标准促进创新成果推广，强化了关键技术研发与标准研制的互动，为自动化码头“建、管、养、运”提供了

技术支撑，实现可复制、可推广。通过海外工程建设运营实践，推动了标准规则“软联通”，促进了我国优势技术与管理沿“一带一路”走出去。

（2）促进了绿色港口发展与实现“双碳”目标

自动化集装箱码头技术已列入交通运输部《交通运输行业节能低碳技术推广目录（2021 年度）》，符合本项目标准成果的 AGV 水平运输系统具有更强的单循环作业能耗优势，按照华北地区电网基准线排放因子为 0.9419 tCO₂/MWh 折算，2019-2021 年可为青岛港减少碳排放约 1114.8tCO₂。

（3）培养了交通运输标准化复合型人才队伍

项目建立了“产-研-用”结合的标准化工作机制。通过组织培训学习，提升企业整体标准化工作意识，在各部门选拔专业技术能力强、标准化工作热情高的一线人员深入参与各项关键技术标准的研制，累计达到上百人次。有效提升了标准的适用性，又培养了一批标准化复合型人才队伍，为交通运输行业进一步完善自动化集装箱码头标准化建设奠定了重要的人才基础。

4 促进行业科技进步作用

我国自动化集装箱码头已在规模、效率和技术上处于国际领先水平。通过本项目研究提升自动化集装箱码头标准化水平，将为自动化码头建、管、养、运提供了技术支撑，实现可复制、可推广，将进一步稳固我国在技术领域的领先地位，促进新技术、新装备的推广和应用，强化我国相关产品、技术在国际范围的影响力和竞争力。

本项目促进行业科技进步的作用，重点表现在以下几个方面：

（1）TOS 和 ECS 技术标准的研究和制定，有利于推动我国自动化集装箱码头信息系统技术进步，有效应用于核心信息系统设计与开发，我国的 TOS 和 ECS 将不再依赖国外购置，对我国自动化集装箱码头全流程、全要素技术实现自主可控具有重要意义。

（2）通过对起重机远程操控系统的研究，形成两项行业标准《自动化集装箱起重机远程操控安全作业规程》，有利于推动远程操控技术在国内自动化码头的进一步应用，提升技术的成熟度和安全性，促进了国际码头远程操控使用中国标准，尤其是“一带一路”沿线国家，为相关标准的国际化工作打下了基础。

（3）集装箱自动导引车及分布式浅充浅放循环充电系统技术标准的制定，有利于明确 AGV 浅充浅放循环充电技术特征和要点，推动国内自动化集装箱码头以及工业 AGV 充电技术革新和推广，进一步提升我国在该领域的领先水平，引领了自动化集装箱码头水平运输系统更加绿色、高效和经济。

5 具体实施案例分析

实例 1：《自动化集装箱码头标准体系》研究成果指导领域内标准编制

在《自动化集装箱码头标准体系》研究成果的应用指引下，2018-2020 年间，项目组集中开展关键急需标准研制，形成青岛港自动化集装箱码头企业标准 23 项，涵盖了自动化集装箱码头项目设计，TOS、ECS 等码头信息系统开发，自动化集装箱岸桥、轨道吊等港机设备制造维护，远程操控作业安全与管理，AGV 及浅充浅放循环充电等最具代表我国自动化集装箱码头先进技术优势的领域，促进了科技创新与标准化融合发展。在实施应用完善企业标准基础上，青岛港积极与国内外港口进行交流合作，推动我国自动化集装箱码头标准化建设，已主持或参与制定自动化集装箱码头国家标准、行业标准和团体标准（包括中国航海学会、中国港口协会等）20 项，已发布 12 项，实现了国内该领域重要标准研制参与度达到 100%，进一步夯实了青岛港在自动化集装箱码头领域的技术话语权。

实例 2：远程操控系统技术标准成果应用于设备自动化轨道吊制造

山东港口青岛港集团有限公司基于国内外自动化集装箱码头建设实践经验，研究形成的自动化集装箱码头标准体系及关键技术标准研究成果，尤其是《自动化轨道式集装箱门式起重机远程操控系统技术要求》等标准，青岛港口装备制造有限公司开展自动化轨道吊制造项目提供了重要技术标准支撑，为确保设备可靠、高效运行奠定基础。青岛港口装备制造有限公司为山东港口青岛港全自动化集装箱码头制造自动化轨道吊共计 38 台，截止到目前，所有设备均运行高效且可靠。

实例 2：远程操控相关标准成果应用于自动化升级和改造

项目研究形成的自动化集装箱码头标准体系及关键技术标准研究成

果，尤其是《自动化轨道式集装箱门式起重机远程操控系统技术要求》、《自动化集装箱门式起重机远程操控安全作业规程》等标准，对我公司开展轨道吊远程自动化控制升级改造和远程操控作业提供了技术和操作支撑，缩短了项目建设周期，确保了设备可靠、高效运行，以及远程操控作业的安全。目前已完成人工操作轨道吊的远程自动化控制升级改造 56 台，所有设备均运行高效且可靠。

实例 2：远程操控安全作业标准成果应用于山东日照港

在山东港口日照港的自动化起重机远程操控作业中，依托山东港口青岛港集团有限公司组织编制的自动化集装箱起重机远程操控安全作业规程系列标准，规范了集发公司码头集装箱远程操控作业，保障了作业安全，提升了作业效率。该标准在国内的应用，明确规范了远程操控相关安全操作，在保障安全的同时提升了作业效率，同时促进远程操控技术的进一步推广和应用。

实例 3：远程操控安全作业标准成果应用于阿布扎比哈里发港

阿布扎比哈里发港二期集装箱码头，是中远海运集团所投资建设的全球首个绿地港口项目，也是中国和阿联首共建“一带一路”合作的示范项目。在该码头的自动化轨道式集装箱门式起重机远程操控作业中，参考了山东港口青岛港集团有限公司牵头编制的自动化集装箱起重机远程操控安全作业规程系列标准，规范了码头公司的远程操控作业，保障了作业安全。该标准的应用对我国自动化集装箱码头领域海外市场的拓展及“一带一路”国际工程中的应用产生极大的促进作用，参与臂架起重机国际市场的竞争增添了强大的筹码，积极推动中国标准“走出去”，对推动起重机械、远程操控系统等相关产品的出口具有积极意义。

实例 4：TOS、ECS 及远程操控作业标准成果应用于青岛港前湾

山东港口青岛港自动化码头在《自动化集装箱码头操作系统（TOS）技术要求》和《自动化集装箱码头设备控制系统（ECS）技术要求》的指导下，自主研发了集装箱码头智能指挥控制系统，涵盖码头管理、堆场管理、船舶装卸、设备调度与控制、智能闸口、智能终端、监控与仿真等功能，通过深度学习、专家系统等技术，并不断升级优化其算法。《自动化集装箱起重机远程操控作业规程》系列标准，满足码头安全作业要求，保证作业安全性和高效率。

在新型智能指挥控制系统和远程操控作业标准的双重支持下，山东港口青岛港自动化码头在“德翔许明”轮作业中，自动化码头桥吊平均单机作业效率达到了 60.18 自然箱/小时，桥吊最高单机作业效率达到 67.76 自然箱/小时，效率一举提升 14.2%，第九次刷新自动化码头装卸效率世界纪录。

实例 5: 自动化集装箱码头设计和建设标准成果应用于青岛港前湾二期工程

中交第一航务工程勘察设计院有限公司在青岛新前湾二期设计中应用标准体系成果，在自动化集装箱码头设计和建设相关标准的指导下，明确码头设施的选型和布置，大幅缩短自动化集装箱码头的设计和建设周期。二期工程自 2018 年 6 月开工建设，于 2019 年 11 月投产运营，仅耗时 1 年半的时间，相同规模的一期工程耗时 3 年半，节省建设时间超过 50%。

6 效益证明

本项目成果在青岛新前湾集装箱码头有限责任公司进行了全面应用，远程操控效率显著提升，经济效益显著。效益证明清单如下：

序号	证明类型	出具单位	应用情况和效果
1	作业效率证明	德翔许明（SHIMIN）	青岛新前湾自动化集装箱码头在 2022 年 6 月 27 日在“德翔许明”轮作业中，桥吊单机效率达到 67.76 自然箱/小时，单船桥吊平均单机作业效率达到 60.18 自然箱/小时。
2	经济效益证明	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司	通过实施标准化远程操控作业，优化自动化作业流程，平均装卸效率较国外提升约 50%，增收约占因效率提升带来新增总收入的 30%。通过应用 TOS、ECS 标准实现关键信息系统国产化，综合节约成本超 1 亿元；应用符合标准的浅充浅放 AGV 水平运输系统，较国外建设换电站，节约建设成本 2.86 亿元。AGV 水平运输系统较国内外单循环能耗降低 0.2KWh，按 2019-2021 年公司总吞吐量 591.8 万标准箱计，节约电量 1183.6MWh，以平均电价 1 元计，节约能源成本 118.36 万元。

STATEMENT OF EXCELLENT PRODUCTIVITY

On June 27th 2022, during the handling operation of M/V "SHIMIN", QQCTN achieved the average productivity of ship-to-shore crane 60.18 boxes/hour and the highest productivity of ship-to-shore crane 67.76 boxes/hour, which extremely shocks us in an astounding way. Please allow me to express our most sincere gratitude on behalf of all SHIMIN crew members for your excellent operating ability.

Yours Truly,

Capt. 
Master of M/V SHIMIN



项目实施经济效益证明

项目名称	自动化集装箱码头标准体系研究与应用
应用单位	青岛新前湾集装箱码头有限责任公司
单位注册地址	山东省青岛市保税区同江路 567 号
应用起止时间	2018 年 10 月至 2021 年 12 月
基于国内外自动化集装箱码头建设实践经验,由山东港口青岛港集团有限公司牵头,青岛新前湾集装箱码头有限责任公司参与研究编制的自动化集装箱码头标准体系,突破了国内外自动化集装箱码头标准缺乏顶层设计、供给不充分等问题,强化了关键技术标准供给,并实施了应用验证,我公司生产效率持续提升,桥吊单船平均单机作业效率突破 60 自然箱/小时,桥吊单船最高单机作业效率突破 67 自然箱/小时,连续九次刷新世界纪录,全面提升了码头生产作业能力和服务质效,产生了良好的经济效益。 2019 年至 2021 年,公司累计完成船舶装卸 3106 艘次,作业能力不断提升,船舶准班率 100%,主营业务收入累计增长约 7 亿元,利润累计增长约 1.6 亿元。 本项目通过实施标准化的远程操控作业,优化自动化作业流程,码头平均装卸效率达到 36.2 自然箱/小时,比国外平均 24 自然箱/小时提升约 50%。 1. 节省投资方面:通过应用 TOS、ECS 标准推动实现关键信息系统国产化,不再需要国外购置,综合节约各类采购和后期维护成本超 1 亿元;通过应用符合标准的浅充浅放 AGV 水平运输系统,较采用国外换电模式建设换电站,测算节约成本 2.86 亿元。 2. 降低能耗方面:采用符合标准浅充浅放 AGV 水平运输系统,与较国内外其他自动化码头单循环能耗最低能够节省电力 0.2KWh,累计节约电量近 120 万 kWh,按照华北地区电网基准线排放因子为 0.9419tCO₂/MWh (生态环境部,2019 年),可减少碳排放约 1130.28tCO₂。	
联系人: 刘艺明 联系方式: 0532-82986559	应用单位(盖章): 