

中国航海学会团体标准
《港口智能装船机操作规程》
(征求意见稿)
编制说明

标准编写组

2025 年 8 月

目 录

一、工作简况	1
二、编制原则、主要内容依据	5
三、已开展的试验验证情况	13
四、与有关的现行法律法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系	22
五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析	22
六、重大分歧意见的处理经过和依据	22
七、废止现行有关标准的建议	22
八、标准性质的建议说明	22
九、涉及专利的有关说明	23
十、其他应予说明的事项	23

一、工作简况

（一）任务来源

根据中国航海学会 2025 年 3 月《关于公布中国航海学会 2025 年度第四批团体标准立项的通知》（航学发〔2025〕32 号）的要求，由秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院、唐山曹妃甸煤炭港务有限公司、唐山港集团股份有限公司负责制定团体标准《港口智能装船机操作规程》（序号 4）。

（二）背景、目的和意义

近年来，随着全球贸易的持续增长和港口业务的不断扩大，干散货码头作为重要的物流节点，其智能化发展已经成为提升作业效率、降低成本、保障安全的重要手段。智能化技术，如物联网、大数据、人工智能等，在干散货码头的各个环节得到了广泛应用。中国已建和在建的自动化干散货码头规模均居世界前列，秦皇岛港、黄骅港、青岛港、宁波舟山港、张家港港等港口已实现干散货作业流程的全自动化，生产环节向无人化、智能化转变。这些码头的智能化发展不仅提高了作业效率，还显著降低了人工成本和安全风险。

装船机作为干散货码头的重要设备之一，其智能化发展也取得了显著进展。通过引入传感器、控制系统、数据分析等先进技术，装船机能够实现作业过程的自动感知、决策和控制，从而提高作业精度和效率。智能化装船机能够根据货物种类、船舶类型和装船要求等条件，自动调整作业参数，实现精准装船。同时，通过实时数据监测和分析，装船机还能够提前发现并预防潜在的安全隐患，确保作业安全。目前，中国已有多家港口和企业在装船机智能化方面进行了积极探索和实践。

作为实现港口智能化发展的重要组成，智能装船机的技术水平和标准化操作直接决定了装船机的作业效率和安全性。当前，智能装船机已经具备了较高的自动化和智能化水平，能够实现对装船机作业过程的全面监测和管控。智能装船机综合开发应用各类典型硬件设备和软件系统，通过集成传感器、执行器、控制器等硬件设备，以及数据处理、算法分析、交互显示等软件系统，实现了对装船机作业状态的实时监测、数据分析、故障诊断和辅助决策等功能。然而，随着技术的不断进步和港口业务的不断发展，智能装船机在设计生产的系统化、操作使用的标准化、运行维护的流程化等方面也面临着新的挑战 and 机遇。

2019 年 9 月，中共中央、国务院印发的《交通强国建设纲要》中指出“推进装备技术升级。推广新能源、清洁能源、智能化、数字化、轻量化、环保型交通装备及成套技术装备。广泛应用智能高铁、智能道路、智能航运、自动化码头、数字管网、智能仓储和分拣系统等新型装备设施，开发新一代智能交通管理系统。”“推广应用交通装备的智能检测监测和运维技术。”

2021 年 2 月，中共中央、国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》中明确指出“鼓励物流园区、港口、机场、货运场站广泛应用物联网、自动化等技术，推广应用自动化立体仓库、引导运输车、智能运输分拣和装卸设备。”“推动船岸协同、自动化码头和堆场发展”以及“提升智慧发展水平。加强智能化载运工具和关键专用装备研发，推进智能网联汽车（智能汽车、自动驾驶、车路协同）、智能化通用航空器应用。”

2019 年 11 月，交通运输部等九部门联合印发的《关于建设世界一流港口的指导意见》中指出“建设智能化港口系统。加强自主创新、集成创新，加大港作机械等装备关键技术、自动化集装箱码头操作系统、远程作业操控技术研发与推广应用，积极推进新一代自动化码头、堆场建设改造。”

2023 年 11 月，交通运输部印发的《关于加快智慧港口和智慧航道建设的意见》中指出“加快推动秦皇岛港、唐山港、黄骅港、青岛港、日照港、宁波舟山港、苏州港等具备条件的港口干散货码头‘翻’‘堆’‘取’‘装’‘卸’等全流程自动化改造，推进翻车机、堆取料机、装船机、卸船机、门座式起重机、装车楼等专业化设备设施自动化、智能化升级。”“鼓励建设干散货码头生产作业一体化管控平台。”

2021 年 10 月，中共中央、国务院印发的《国家标准化发展纲要》中强调“以科技创新提升标准水平。建立重大科技项目与标准化工作联动机制，将标准作为科技计划的重要产出，强化标准核心技术指标研究，重点支持基础通用、产业共性、新兴产业和融合技术等领域标准研制。及时将先进适用科技创新成果融入标准，提升标准水平。”

2021 年 10 月，交通运输部等五部门联合印发的《交通运输标准化“十四五”发展规划》中特别指出“以实现交通运输装备技术升级为着力点，推进以数字化、绿色化为主要特点的重大成套装备技术标准制修订，促进多式联运装备、载运工

具、交通特种装备和新型装备技术在行业广泛应用。”

港口行业正经历着从传统向智能化转型的深刻变革，智能装船机作为港口装卸作业的核心设备，其智能化水平的提升对于推动整个港口的智能化进程至关重要。然而，智能化设备的广泛应用也对操作规范提出了更高要求。在全球贸易竞争日益激烈的环境下，港口作业效率的高低直接关系到港口的竞争力。智能装船机通过自动化、智能化技术实现了装船作业的快速、精准完成，但要充分发挥其性能优势，还需依靠科学、规范的操作规程来指导。港口作业环境复杂多变，涉及众多大型机械设备和危险品，安全问题不容忽视。智能装船机虽然降低了人为失误的风险，但设备的运行安全和人员的操作安全仍需高度重视。

（三）起草单位和主要起草人及所做工作

本标准的起草单位包括：秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院、唐山曹妃甸煤炭港务有限公司、唐山港集团股份有限公司。

标准制定牵头为秦皇岛港股份有限公司，全面负责组织开展本标准研究和制定工作，统筹标准的编写和审查，组织项目调研、资料检索收集、标准主要技术内容编写，负责标准内容中核心技术内容、关键参数的研究和确定，为本项目智能装船机在实际干散货码头的使用环境、条件、方法和技术要求提供核心数据；标准参编单位交通运输部水运科学研究院负责项目研究的业务支持，参与项目调研、资料检索收集、标准主要技术内容编写工作，负责标准编写的业务工作，参与标准内容中核心关键参数的研究和确定，提供具有建设性的意见和建议。

本标准主要起草人：卜会锋、鲁东起、李艳成、张云辉、石淦锬、张舒琦、李梦楠、王靖宇、陈超、周鸿茂、赵海龙、蔡林霖、苏明溪、孙颖、高旭、梁成、张芹国、方国昊。

具体工作分工如表 1 所示。

表 1 标准主要起草人及所做工作

序号	姓名	单位	分工
1.	卜会锋	秦皇岛港股份有限公司	主持标准编写工作，统筹安排标准的编写、审查、项目调研等各项工作，负责标准主要技术参数的确定，重点编写“1 范围”、“3 术语和定义”等章节。
2.	鲁东起	交通运输部水运科学研究院	负责标准的内部审核，审核各阶段的标准文本和编制说明，重点编写“5 作业前准备”等章节。
3.	李艳成	秦皇岛港股份有限公司	负责资料的收集、整理和分析，重点编写“4 一般要求”“9 维护保养”等章节。
4.	张云辉	秦皇岛港股份有限公司	负责制定标准编写框架、标准的整体编写和全文统稿工作，重点编写“6 装船作业”等章节。
5.	石澹锟	交通运输部水运科学研究院	负责组织到设计、制造和使用单位调研，参与制定标准编写框架，整体把握标准编写进度，重点编写“5 作业前准备”“7 作业后处理”等章节。
6.	张舒琦	秦皇岛港股份有限公司	负责项目调研和业务支持工作，重点参与编写“7 作业后处理”等章节。
7.	周鸿茂	交通运输部水运科学研究院	参与调研和资料收集工作，重点编写“8 特殊情况处理”等章节。
8.	李梦楠	秦皇岛港股份有限公司	全面参与标准内容的编写，重点整理，参与标准送审稿的内部审核，参与标准送审稿文本校核。
9.	王靖宇	秦皇岛港股份有限公司	参与相关标准和技术文件规范的收集，参与编写“9 维护保养”等章节。
10.	陈超	秦皇岛港股份有限公司	参与项目调研和业务支持工作，参与编写“6 装船作业”等章节。
11.	赵海龙	秦皇岛港股份有限公司	参与制定标准编写框架和调研工作，参与编写“6 装船作业”等章节。
12.	蔡林霖	秦皇岛港股份有限公司	参与调研和资料收集工作，参与编写“4 一般要求”等章节。
13.	苏明溪	秦皇岛港股份有限公司	参与编写“5 作业前准备”等章节，参与标准送审稿文本校核。
14.	孙颖	秦皇岛港股份有限公司	参与调研和资料收集工作，参与编写“7 作业后处理”等章节。
15.	高旭	秦皇岛港股份有限公司	参与资料的收集、整理和分析，参与编写“3 术语和定义”，参与整理标准编制说明。
16.	梁成	唐山港集团股份有限公司	参与编写“7 作业后处理”，参与整理标准编制说明。

17.	张芹国	唐山港集团股份有限公司	参与编写“9 维护保养”等章节。
18.	方国昊	唐山港集团股份有限公司	参与编写“8 维护保养”等章节。

（四）主要工作过程

为了确保标准内容制定的准确性，且充分反映实际情况、能够真正智能装船机操作的规范性和安全性，保证标准内容的科学性和合理性，秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院等单位接到标准任务后，立即着手进行标准制定工作，主要工作过程如下：

2023 年 6 月～2023 年 7 月，秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院牵头成立了标准编写组。标准编写组广泛收集了与装船机及其智能控制系统相关的国家标准、行业标准、法规政策、公开出版的文献资料等。

对智能装船机技术发展现状进行了分析，提出了标准编写原则、主要依据及标准编写的方法，构建了标准的总体构架。

2024 年 9 月～2024 年 12 月，标准起草组开展了调查研究，组织调研了智能装船机的研发设计单位和使用维护单位，与相关单位开展了交流，听取了企业意见，课题组根据收集到的相关资料和信息，编写完成了标准征求意见稿（初稿）。

2025 年 1 月～2025 年 8 月，起草组组织内部视频讨论会，召集秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院等单位有关专家对标准进行了讨论，提出了修改意见，形成《智能装船机操作规程》征求意见稿及编制说明。

二、编制原则、主要内容依据

（一）标准编制原则

为确保标准条文所列的技术要求科学、合理、规范，本标准制定过程中遵循“规范性、一致性、服务应用、适应性”原则。

（1）规范性原则

本标准根据《中华人民共和国标准化法》及相关法律、规章，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》中的原则要求进行的，并参考了单位、符号、用语的相关标准，保障了标准文本编写的规范性。

（2）一致性原则

本标准制定过程查阅了与之相关的标准，确定的技术要求等内容按照国际标准、国家标准、行业标准的顺序优先引用或参考；保持与近年来出台以及即将出台的相关政策、法规以及新技术紧密结合，增强标准关联性、协调性、适用性和统一性，避免出现矛盾。

（3）服务应用原则

标准编写组组织开展了多次的技术及应用调研和内部研讨会，系统性地研究了智能装船机的构成及特点和应用场景，得出本标准制定应坚持以实用性和可靠性为主，重点围绕智能装船机的操作要求和安全需求，同时充分考虑相关技术的未来发展趋势，制定服务于智能装船机的操作规程标准。

（4）适用性原则

标准既要有先进性和科学性，又要有适用性，标准制定过程充分考虑了国家、行业在绿色港口建设、在智慧港口应用的相关政策，为标准的适用性提供政策支撑。

（二）标准主要内容依据

具体标准条款说明如下：

1. 范围

本文件规定了港口智能装船机的一般要求、作业前、装船作业、作业后、特殊情况处理和维护保养，适用于煤炭、矿石、散粮等码头智能装船机的操作、管理和维护，为相关作业提供了全面的规范和指导，确保智能装船机的安全、高效运用。

该范围的确定是基于当前港口散货装卸作业的实际需求和智能装船机的应用场景，涵盖了主要散货种类和相关作业环节，确保标准具有广泛的适用性和针对性。

2.规范性引用文件

标准中引用了 GB/T 35016-2018《连续搬运机械装卸机械安全规范》和 JT/T 1492-2024《散货连续装船机安全要求》等文件。这些引用文件为本标准提供了基础的技术参数、安全规范和设备要求，确保本标准在技术层面的科学性和权威性，并与现有相关标准保持一致性和协调性。

3. 术语和定义

本标准对“智能装船机”“集中控制室操作人员”“舱口操作人员”“自动化装船作业”等术语进行了明确定义。这些术语的定义参考了 GB/T 35016-2018《连续搬运机械装卸机械安全规范》和 JT/T 1492-2024《散货连续装船机安全要求》的相关内容，并结合智能装船机的智能化、自动化特点进行了补充和细化。明确术语和定义有助于统一理解，确保标准在实施过程中的准确性和一致性。

4. 一般要求

(1) 条款 4.1

规定智能装船机的使用和维护应满足 GB/T 35016-2018 和 JT/T 1492-2024 的要求，这是保障设备安全运行和作业质量的基础，确保智能装船机在整个使用周期内符合基本的安全和性能标准。

(2) 条款 4.2

明确了作业环境温度、风速和相对湿度的范围，以及超出规定范围时的应对措施，这些要求是基于设备的正常运行条件和作业人员的安全考虑，防止因环境因素导致设备故障或作业事故，为智能装船机的稳定运行提供了适宜的环境条件保障。

(3) 条款 4.3

要求定期对智能装船机的关键系统和部件进行校准和检测，涵盖金属结构、液压系统、电气系统等多个方面，这是确保设备性能符合设计要求、预防故障发生的重要手段，通过对设备的定期维护和检查，能够及时发现并解决潜在问题，延长设备使用寿命，提高作业的可靠性和安全性。

(4) 条款 4.4

提出应建立与智能装船机相关的管理制度、应急机制，并配备专业人员进行管理，同时对操作人员的资质、培训和考核等作出规定，明确了各作业环节的责任人及操作流程，这些管理要求旨在加强智能装船机的日常管理，提升操作人员的专业素养和安全意识，确保设备的规范操作和作业的有序进行，为智能装船机的安全、高效运行提供有力的管理支撑。

(5) 条款 4.5

规定了远程自动、远程手动和现场控制三种作业模式，并建议优先采用远程自动控制模式，这是结合智能装船机的技术特点和发展趋势，充分发挥其自动化、智能化优势，提高作业效率和精度，同时也为应对不同作业情况和需求提供了灵活的操作方式。

5. 作业前

(1) 条款 5.1

要求操作人员了解天气情况，排除障碍物和安全隐患，设置警示标志并配备消防器材和应急救援设备等。这些要求是考虑到港口作业环境的复杂性和不确定性，通过对作业环境的全面检查和准备，预防可能出现的安全事故，为装船作业提供安全的作业环境。

(2) 条款 5.2

明确操作人员应熟悉作业现场情况、作业流程和安全注意事项，并穿戴符合安全要求的防护装备。这是基于保障人员安全和保证作业质量的考虑，通过规范操作人员的行为和装备，提高人员的安全意识和操作水平。

(3) 条款 5.3

包括对装船机工作状态、安全装置、液压系统、电气系统、视频监控系统、雷达和定位系统以及通讯设备和操作台等进行全面检查。这一系列检查项目是依据智能装船机的结构组成和工作原理，以及各部件在作业中的重要作用而确定的，通过对设备的详细检查，确保设备在作业前处于良好的工作状态，避免因设备故障导致作业中断或安全事故。

(4) 条款 5.4

要求检查船舶的舱口盖、舱内积水或杂物情况以及靠泊位置和缆绳牢固程度，这是保证装船作业顺利进行的重要环节，通过对船舶的检查，能够确保船舶符合装船机作业要求，为后续的装船作业提供了安全、稳定的船舶基础。

(5) 条款 5.5

强调在正式作业前进行模拟运行测试，检查装船机的各项功能和传感器、监测设备的工作状态，及时发现问题并处理，通过模拟运行测试，能够提前发现设备可能存在的问题，对设备进行进一步的调试和优化，确保正式作业时设备能够正常运行，提高作业的可靠性和安全性。

（6）条款 5.6

要求集中控制室操作人员与舱口操作人员进行联系，确认船舶信息、舱位、货种、吃水深度、舱容和装货要求等，这是确保作业准确性和符合性的重要步骤，通过对作业信息的准确传达和确认，能够避免装船作业中的错误和失误，保证作业的顺利进行。

（7）条款 5.7

规定了准备工作完成后开启低压电源，并确认设备电源电压正常的步骤，这是设备正常启动和运行的基本条件，确保电源供应稳定可靠，为后续的装船作业提供了电力保障。

（8）条款 5.8

要求集中控制室操作人员登录操作界面，选择并确认所使用的装船机和作业泊位，以及作业模式，这是根据作业计划和指令要求进行的准备工作，确保设备按照正确的模式作业运行，为后续的装船作业提供了准确的操作指令。

（9）条款 5.9

详细规定了船舱定位的操作步骤，包括操作装船机高速行走至船的另一端、确认舱位与舱口的位置、自动移舱工作、二次标定舱口画出电子围栏、选择或输入作业计划等，这些步骤是实现智能装船机自动化装船作业的关键环节，通过对船舱的准确定位，能够确保装船机的作业精度和效率，提高装船作业的质量和安全性。

6. 装船作业

（1）条款 6.1

要求完成对生产信息、中控部门发送的流程数据、船舶号、舱口号、货种情况等的检查与核对，并向中控部门报告装船机已准备好的情况，这是确保作业信息准确无误、作业流程顺利衔接的重要措施，通过对作业信息的全面检查和确认，能够避免作业过程中的混乱和错误，保证装船作业的顺利进行。

（2）条款 6.2

明确了集中控制室操作人员在收到“流程启动”指令后，通过操作界面选择“远程自动控制”方式开始装船作业的流程，同时强调了操作人员与舱口操作人员保持通讯、监视舱内料位、实时查看系统显示的参数、及时处理报警信息

以及紧急情况下的急停等注意事项,这些规定充分利用了智能装船机的自动化控制功能,提高了作业效率和精度,同时也确保了作业过程中的安全性和可控性。

(3) 条款 6.3

规定了集中控制室操作人员在选择“远程手动控制”方式下,使用操作台上的手柄和按钮控制装船机的各项动作,保持装船流量均匀、料堆高度符合要求,以及舱口操作人员用标准口令指挥集中控制室操作人员调整臂架位置等操作要求,还强调了危及安全情况下的急停措施,这些要求为在自动化控制系统出现故障或其他需要手动控制的情况下提供了明确的操作规范,确保作业的连续性和安全性。

(4) 条款 6.4

说明了现场司机在将机侧“本地 / 远程”选择开关置于“本地”并确认后开始现场控制装船作业的操作流程,包括按“预警铃”、依据舱口操作人员手势或对讲指令完成各项动作、保持悬臂前端与舱口的距离等注意事项,以及舱口操作人员负责监视料位和手势指挥的职责,这些规定是为了应对特殊情况下的现场操作需求,确保在远程控制不可用时,仍能安全、有效地完成装船作业。

(5) 条款 6.5

明确了待该舱作业结束后停止装舱,准备移舱工作的步骤,强调了移舱时保持装船机移动和行走路径无障碍物阻挡、雷达和定位系统正常工作的要求,以及移舱完成后复核下一舱位和舱口位置、发送对舱完成指令并告知中控部门继续装船作业的流程,这些规定确保了装船作业在不同舱位之间的顺利衔接和转换,提高了作业的连续性和效率,同时也保障了移舱过程中的设备安全。

(6) 条款 6.5

说明了继续完成所有装船作业需要重复上述过程,保证了装船作业的连续性。

7. 作业后

(1) 条款 7.1

要求集中控制室操作人员在接收到中控室停机指令后才能执行停机操作。这是为了确保停机操作的有序性和安全性,避免因随意停机导致设备损坏或事故。

(2) 条款 7.2~7.4

具体包括将悬臂收回、俯仰抬升至规定位置，大机行走到指定位置，夹紧夹轨（轮）器，关闭各开关，切断低压动力电源，清理装船机及周围环境，同步完成作业记录等内容，这些步骤是为了确保装船作业结束后设备恢复到安全、整洁的状态，便于后续的维护和再次使用，同时作业记录的完整记录为后续的分析和维护提供了依据，有助于对作业过程进行总结和改进，提高设备的运行管理水平。

8. 特殊情况处理

（1）条款 8.1

规定了在风速超标或出现雷电、暴雨、雪等恶劣天气时，应立即停止装船作业，将装船机回退至锚固位置并锁定，切断非必要电源，待气象条件满足要求后恢复作业的措施，这是为了保障设备和人员在恶劣天气下的安全，避免因天气因素导致设备损坏或作业事故，确保装船作业的安全性和稳定性。

（2）条款 8.2

要求当粉尘浓度超标时，应迅速启动降尘装置，同时降低装船速度，若降尘后仍无法达标则立即停机，查明原因并处理后重新启动装船机继续作业，这些措施是为了保护作业人员的身体健康和环境安全，防止粉尘污染对人员和设备造成危害，同时也符合环保要求。

（3）条款 8.3

明确了当装船机发出一级报警或安全防护系统触发时，系统自动急停，操作人员须确认报警原因并排除故障，经当班主管签字后方可重启的规定，这是为及时发现和处理设备故障，避免故障扩大化，确保设备的安全运行和作业的顺利进行。

（4）条款 8.4

规定了当检测到人员进入设备运行警戒区域时，应自动触发声光报警并紧急停机，现场安全员确认人员撤离并复位报警后恢复作业的要求，这是为了保障作业人员的人身安全，防止因人员误入危险区域而导致事故的发生，体现了对人员安全的高度关注。

（5）条款 8.5

要求当监测到船舶漂移量达到或超过 $\pm 0.3\text{m}$ 、缆绳松弛或断裂时，应立即暂停作业并通知船方和中控部门，待船舶重新系固并确认符合靠泊要求后继续作

业，这些规定是为了应对船舶在作业过程中的动态变化，确保船舶与装船机之间的安全距离和稳定连接，防止因船舶漂移或缆绳问题导致设备碰撞或货物倾泻等事故，保障装船作业的安全进行。

(6) 条款 8.6

规定了当智能装船流量持续高于额定值 50% 或发生堵料时，应降低給料速度或暂停流程，查明原因并排除故障后恢复作业的措施，这是为了保证装船作业的稳定性和设备的安全运行，避免因流量异常导致设备过载或货物堆积等问题，影响作业效率和设备寿命。

(7) 条款 8.7

要求当智能装船机通信中断达到或超过 30s 时，应自动切换至现场控制模式并停机，通信恢复后重新执行相关操作方可继续作业，这些规定是为了应对通信故障对装船作业的影响，确保在通信中断情况下设备能够安全停机并及时恢复现场控制，保障作业的连续性和安全性。

9. 维护保养

(1) 条款 9.1

强调应定期对智能装船机的功能和器件运行状态进行周期性检查，并填写检查记录表，检查分为日检、定检和性能测试三种，这是为了建立完善的设备维护保养制度，通过对设备的定期检查和记录，及时发现设备存在的问题和隐患，为设备的维护和修理提供依据，确保设备始终保持良好的运行状态。

(2) 条款 9.2

明确了日检的实施人员、实施时间以及检查内容，包括外观、操作界面状态、报警信息、视频监控系统、雷达和定位系统等，这些检查内容涵盖了设备的日常运行状态和关键功能，通过对日检的严格执行，能够及时发现设备在日常运行中出现的异常情况，及时处理，避免问题扩大化，保障设备的正常运行。

(3) 条款 9.3

规定了定检的实施人员、实施周期以及检查内容，包括对全部系统装置进行功能测试，检查液压系统、电气系统、制动系统等关键部件的可靠性，以及传感器、雷达、定位系统等的精度和稳定性，还有设备的润滑情况等，这些定检项目更加深入和全面，通过对设备关键部件和系统的定期检查和维护，能够确保设备

的长期稳定运行，预防设备故障的发生，延长设备的使用寿命。

（4）条款 9.4

说明了性能测试的主导人员、实施周期以及测试内容，包括装船速度、流量控制、定位精度等实际动作测试，以及各工况下防碰保护功能的真实有效性测试，这些性能测试是对设备整体性能的全面评估，能够及时发现设备性能下降或功能失效的问题，为设备的优化和改进提供数据支持，确保设备的性能满足作业要求。

（5）条款 9.5

要求在维护保养过程中发现的故障应立即记录并报告相关技术人员，遵循“先修复后使用”的原则，确保设备恢复正常后方可继续作业，这是为及时解决设备故障，避免故障设备继续运行导致安全风险和作业延误，保障作业的连续性和设备的安全性。

（6）条款 9.6

强调维护保养记录应详细记录检查日期、内容、问题及处理措施等，并存档备查，保存期限不少于 3 年，这些记录为设备的运行管理提供了重要的历史数据，便于对设备的维护保养情况进行追溯和分析，为设备的更新改造、技术改进等决策提供依据，同时也符合设备管理的规范要求。

三、已开展的试验验证情况

（一）试验验证情况

本标准制定过程中，在秦皇岛港股份有限公司、交通运输部水运科学研究院、唐山曹妃甸煤炭港务有限公司、唐山港集团股份有限公司等地进行了现场试验检测工作，验证了本标准规定的程序及检测方法。

通过试验检测，本标准修改完善了标准部分内容，按照实际检测简便、实用的原则，使得形成的征求意见稿符合实际程序和检测的要求。

（二）综述报告

1.智能装船机总体架构

装船机智能化控制系统综合运用 PLC、服务器、工控机等技术手段，并且定义了各部分之间的关系和交互方式，合理利用和分配资源，实现对装船作业过

程的精确控制、数据分析和优化决策，确保各个部分能够协同工作，实现高效、安全的装船作业。如图 1 所示为港口智能装船机。

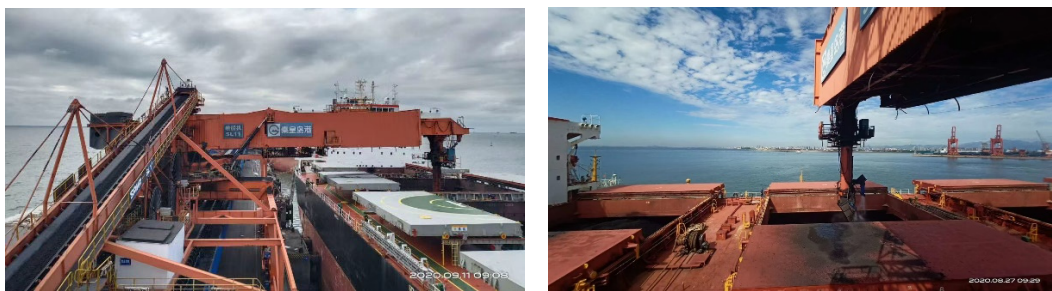
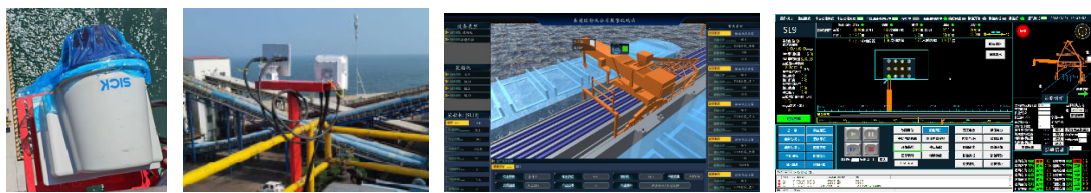


图 1 港口智能装船机

系统硬件架构主要由基于单机的传感器单元、单机 PLC、中控 PLC、毫米波雷达、激光雷达、料位雷达、数据智能化作业服务器（双节点互备）、接口服务器、建模服务器、数字化码头应用服务器、无线组网设备、无线基站、高精度北斗定位接收机、高精度北斗定位差分基站、船舶姿态检测设备、振动测量设备、辅助应用硬件、网络设备等组成，如图 2 所示。



a)三维激光扫描仪 b)走行测距雷达 c)数字化码头平台 d)自动装船作业系统

图 2 智能装船机典型硬件设备和软件系统

中央集控室布置装船自动化远程监控工位，工位上设置上位人机界面、视频监控显示、数字化码头模型、装船机智能化作业系统、十字操作手柄、配备按钮和指示灯等操作面板，实现自动化远程监控装船机的功能，如图 3 所示。



图 3 装船自动化远程监控工位

中央控制系统包含中央数据中心，自动化装船策略和中控远程视频管理系统，向中央集控室的远程监控工位提供装船机的实时状态信息，并将远程监控工位的控制指令下发至装船机单机 PLC 系统。装船机机载系统包括增加的现场就地电控柜和电控箱及内部的通讯采集设备和高性能工控机，增加的防碰撞、北斗定位、位置感知等传感器和配套设备；在自动化远程操控装船机的过程中，实时采集现场大机的各种信息，并将信息传送至中央集控室自动化远程监控工位。船舶姿态感知系统实时获取船舶的北斗定位和三轴姿态信息（俯仰、横滚、航向）、设备电量及通讯状态信息，并将信息传送至中央集控室自动化远程监控工位。装船机自动化远程控制系统是在原有就地司机室操作的基础上，增加中央集控室控制和中央集控室监视装船机的功能。

中央集控室工位客户端运行 Factory Talk View SE 客户端，读取装船机上 PLC 状态信息及控制功能，在客户端显示器上显示装船机远程控制人机界面。当装船机司机室和客户端人机界面同时选择为自动化远程控制模式，通过客户端人机界面上的操作界面或工位上操作面板上的按钮、开关和十字手柄等，就能够实现远程操控装船机作业的功能。在自动化远程操作过程中，客户端人机界面实时显示装船机当前的作业状态。

2.全自动智能化装船关键技术

（1）装船机无线通讯技术

搭建电信级单模分体无线网桥，实现与光纤通信的链路聚合功能，增强装船机网络链路带宽，分担分担光纤网络负荷，同时根据网络实际情况合理进行子网切割规划，使用 SSID、MAC 地址过滤、安全网闸或其他网络安全技术手段，确保无线网络的网络安全；建立无线网络管理系统，实现无线通信链路的自动检测以及通信故障的报警提醒。

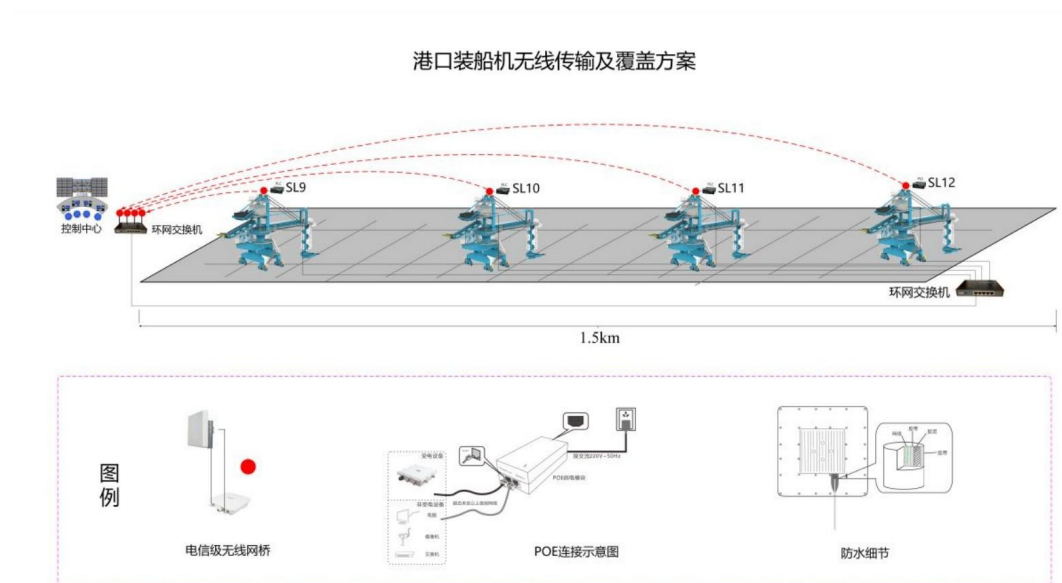


图 4 装船机无线通讯覆盖方案

(2) 船舶态势感知与船型建模技术

通过毫米波雷达、激光雷达及相关的软硬件设备对靠泊作业船舶位置、姿态、舱口、舱内物料、船上设施（舱盖、拔杆、驾驶楼）等关键部位进行实时毫米波和激光扫描混合模式下的动态识别建模，实时将上述信息与装船机自动控制系统相结合，辅助系统实施装舱、移舱、防碰、落臂等动作策略。通过测量船舶数据和船舶图纸信息建立船舶数据库，收集每条来港船舶的信息，船舶来港靠泊后通过船名等信息自动调出该船模型，供自动装船策略使用。



图 5 船舶姿态检测仪

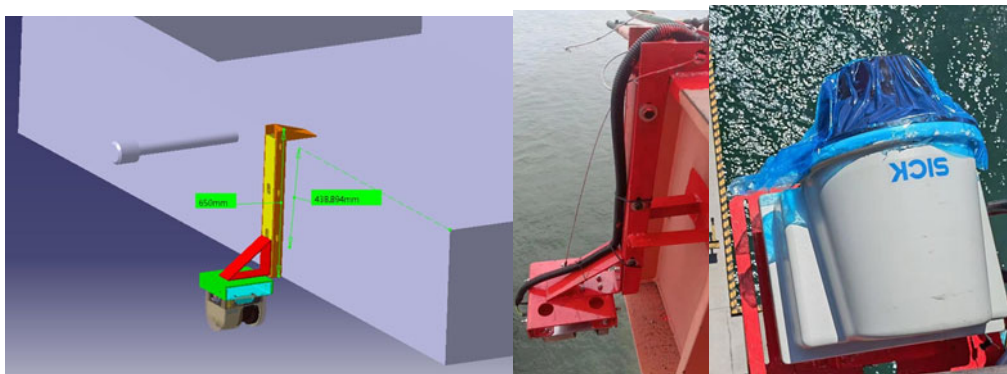


图 6 船舶激光扫描仪

(3) 数字化码头系统

利用测绘技术建立码头基础坐标系，对装船机和待装船舶位置进行描述，获取装船机各活动关节局部坐标和装船机臂长、溜筒长度等基础参数，开发数字化码头系统，接入码头区域设备设施模型信息，以三维可视化仿真模式，实时展示当前码头靠泊情况、船舶作业情况、装船机状态，并提供融入后续数字化堆场系统的相关接口。

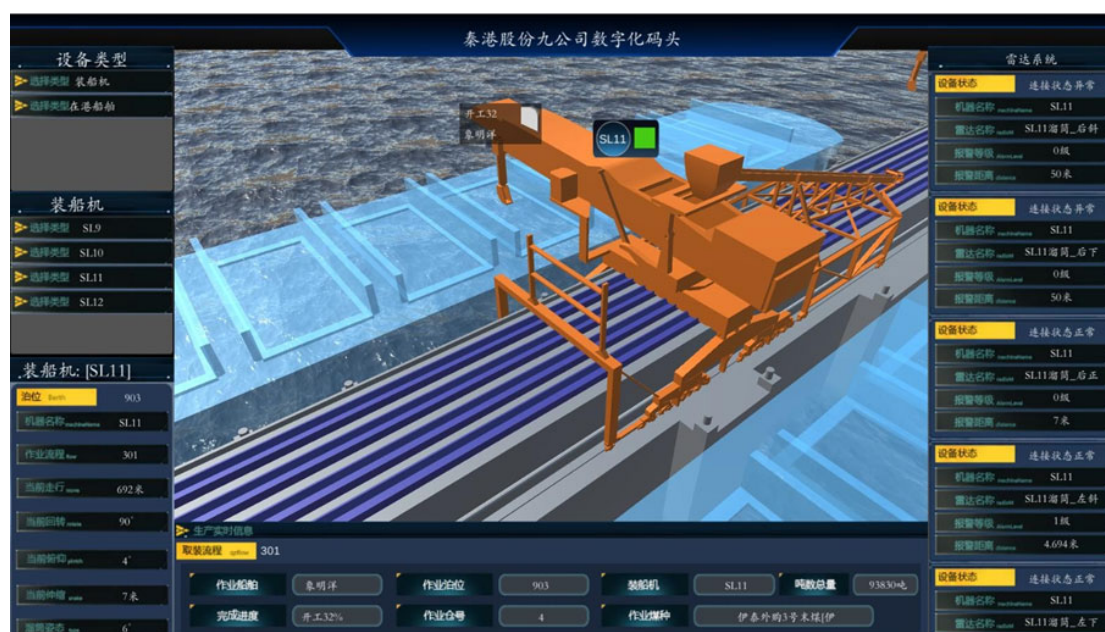


图 7 数字化码头对舱示意图

(4) 装船机设备在线监测系统

针对装船机的关键设备，如电机、滚筒、减速机等部门，安装测温测振传感器，结合智能摄像头人机识别功能，将相关的监测数据精准实时传输至研发的装船机智能在线监测平台中。处理来自现场设备的振动、过热等故障信息，并对预

测性维修和主动性维修决策提供技术支持，同时预留备用接口，保证智能装船机的安全作业。

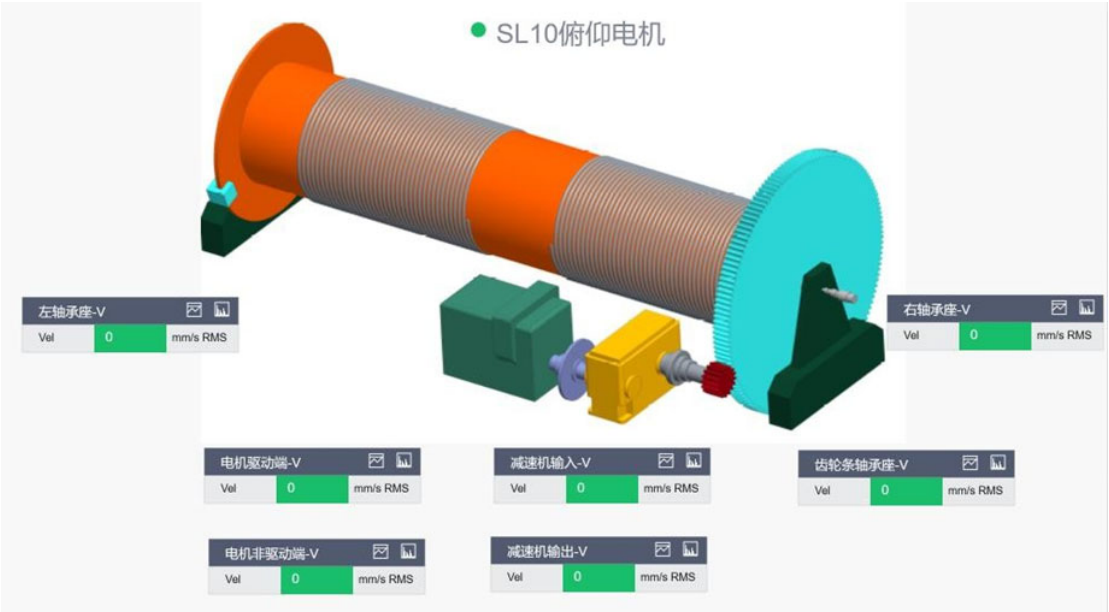


图 8 监测机构测温测振状态显示图

(5) 自动装船技术

结合船舶与装船机的同坐标系系统，基于激光扫描船舶建模、数字化码头数据以及船舶数据库，通过船舶姿态定位仪或走行台车安装的光电管预扫描读取的船舶位置数据，根据集控室发出的作业指令和自动移舱对舱策略，装船机自动行走至指定目标舱位，自动落臂架及调整臂架伸缩长度、回转角度、溜筒回转角度实现移舱对舱功能。



图 9 系统上位操作监控画面

(6) 装船机防碰撞技术

通过雷达波束角的危险区域全覆盖，实现走行防碰、臂架防碰、料位防碰等防碰撞功能，同时对监测信息实时进行软件处理分析，实现基于图形辨识技术的防碰功能，对进入行走区域的人员、流动机械、异物等输出报警；运用定位、姿态测量、数字化码头技术，实现三维模型级单机与船舶间、单机与单机之间的防碰撞保护。

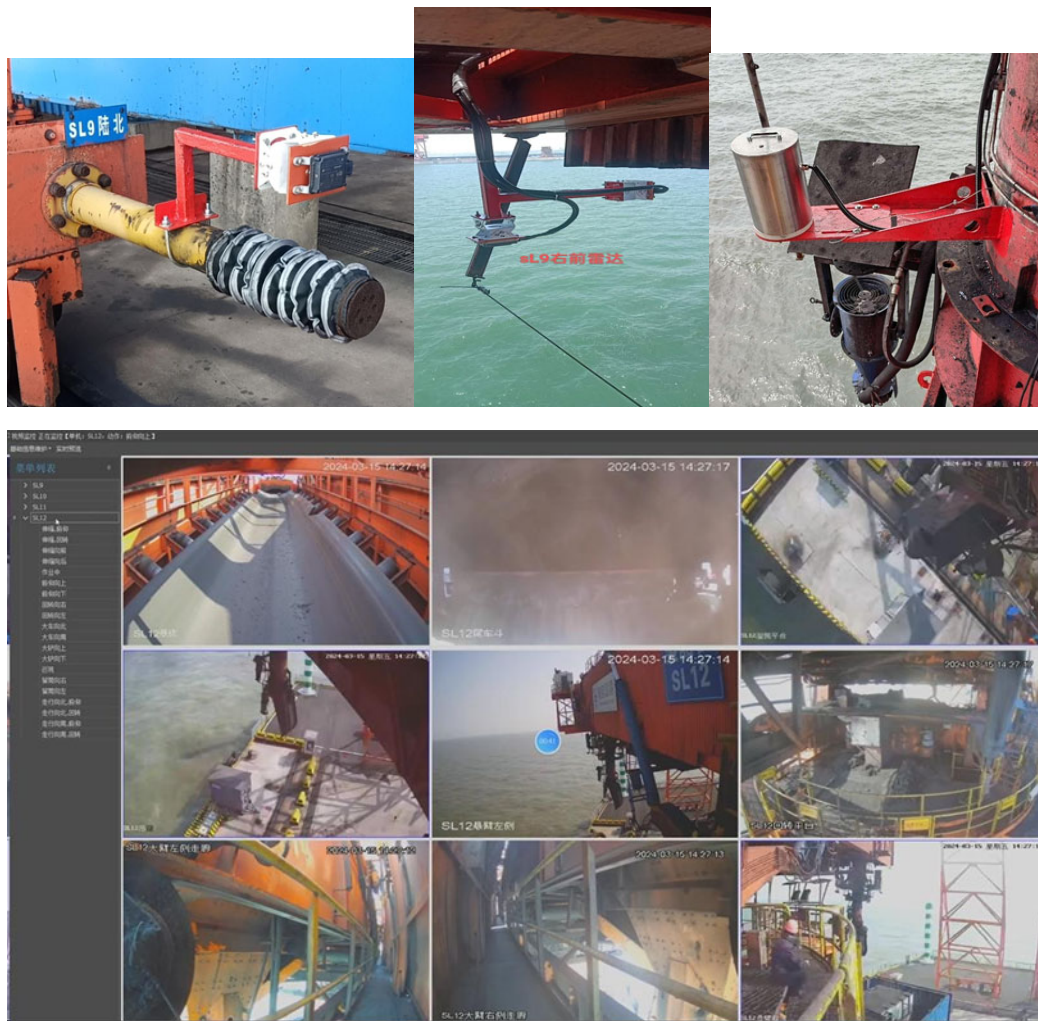


图 10 走行防碰撞雷达、臂架防碰撞雷达、料位雷达及视频随动系统

(7) 装船机 RCMS 系统

系统可实现记录装船机所产生的各种信息和参数，如对故障信息、运行状态参数等进行实时采集并通过网络传输至中央控制室的服务器，通过人机交互画面来反映设备的运行状态，关键部位提供三维可视化仿真交互功能；对装船机的前

端装置如照明、夹轨器、供电等进行控制，并实现手动控制装船机走行、俯仰、伸缩等动作；可根据装船作业要求和船舶特性，自动计算装船策略、装舱策略，下发给机载系统执行自动装船。系统包含船舶姿态信息、装船机状态控制、监控、舱内料位显示、作业策略、数据采集和传输等几大模块。



图 11 RCMS 系统数据分析

(8) 装船机定位及姿态检测技术

通过定位、定向双天线系统，采用实时载波相位差分技术将基准站的相位观测数据及坐标信息通过数据链方式及时发送给接收站，接收站将收到的数据链同自采集的相位观测数据进行实时差分处理，从而获得接收站的实时三维位置。机上定位模块具备就地读出位置数据的功能，可用于与编码器数据进行比对。定位系统可使用惯性导航功能，利用惯导传感器对两点间差值做微分分析，保障行走距离信息、俯仰信息、回转信息的连续性。



图 12 北斗定位、走行校正、角度检测装置

3.预期的环境和社会效果

本标准的发布和实施将显著改善港口作业的环境影响。首先，智能装船机通过精准控制货物装卸过程，能够有效减少粉尘泄漏，改善港口周边空气质量。其次，其优化的运行模式可降低设备噪音强度，减少因操作不当或设备故障产生的异常噪音，为港口周边居民创造更安静的生活环境。此外，智能装船机在运行过程中能够根据实时数据优化作业流程，减少设备空转时间和能耗，提高能源利用效率，降低碳排放，助力港口实现绿色低碳发展。

同时，也将带来多方面的社会效益。首先，智能装船机的自动化和智能化功能能够显著提高装船作业效率，减少船舶在港停留时间，提升港口整体运营效率，增强港口竞争力。其次，标准明确了操作流程和安全要求，从设备检查到作业监控等环节都进行了严格规范，有效降低安全事故风险，保障作业人员生命安全和设备正常运行。此外，标准的发布将推动智能装船机技术的广泛应用和推广，促进相关企业加大技术研发投入，推动行业技术进步。智能装船机的广泛应用还将创造新的就业岗位，如设备维护工程师、智能控制系统操作员等，同时推动相关专业人才的培养，提升港口从业人员整体素质，为港口行业的可持续发展提供人才保障。

4.经济效益分析

本标准的发布和实施将为港口行业带来显著的经济效益。首先，智能装船机的自动化和智能化功能可显著提升装船作业效率，减少船舶在港停留时间，从而提高港口的整体运营效率和增强其市场竞争力。其次，通过精准控制货物装卸过程，能够有效减少货物损耗，同时优化的运行模式也有助于降低设备的能耗和维护成本，直接提升港口的经济效益。此外，本标准的实施还将推动相关企业加大技术研发投入，促进智能装船机技术的创新和升级，带动整个行业的技术进步，为港口行业创造更广阔的经济效益空间。最后，智能装船机的广泛应用将创造新的就业岗位，如设备维护工程师、智能控制系统操作员等，同时推动相关专业人才的培养，提升港口从业人员的整体素质，为港口行业的可持续发展提供坚实的人才保障，进一步促进港口经济的繁荣。

四、与有关的现行法律法规和强制性国家标准、配套推荐性标准的关系

本标准与现行法律、法规、规章和强制性标准以及相关标准协调一致，且技术要求更为严格。同时，本标准在制定过程中参考了多项国家标准和行业标准，如 GB/T 36410.4-2018《港口设备能源消耗评价方法 第4部分：散货连续装船机》、GB/T 33079-2016《散状物料连续装船机型式和基本参数》、GB/T 35016-2018《连续搬运机械 装卸机械 安全规范》、JT/T 1073-2016《散货连续装船机》、JT/T 1492-2024《散货连续装船机安全要求》、JB/T 14256-2022《散料连续装船机》等，确保了标准内容的科学性和合理性。

五、与国际标准化组织、其他国家或地区有关法律法规和标准的比对分析

本标准没有采用国际标准。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、废止现行有关标准的建议

无。

八、标准性质的建议说明

本标准制定过程中，充分考虑港口行业智能装船机操作的实际情况与需求，旨在为相关操作、管理及维护工作提供科学、规范且实用的指导，适应港口智能化发展趋势，助力提升港口运营效率与安全性。在标准性质建议上，主要体现在以下方面：

一方面，从行业发展趋势看，智能化是港口发展的必然方向。智能装船机作为关键设备，其规范操作对提升港口整体竞争力意义重大。推荐性团体标准性质既尊重企业自主性，又能通过先进标准引导，推动港口企业积极应用智能技术，实现行业升级。

另一方面，从实施效果考量，本标准更易被企业接受与采纳。企业可根据自身实际情况，灵活地参照执行标准各项要求，有利于标准在行业内广泛推广，避免强制性可能带来的抵触或不适应问题，从而充分发挥标准对港口智能装船机操

作的规范与促进作用，保障港口生产高效、安全、有序进行。

本标准是港口智能装船机的一个重要标准，应从生产改造企业开始贯彻实施，对设计、制造和使用等凡不符合本标准规定的，应在标准实施之前完成修改与补充，达到标准的要求，为加快本标准的实施，建议本标准发布即实施。

九、涉及专利的有关说明

本标准不涉及任何专利问题。

十、其他应予说明的事项

无。