

团 体 标 准

T/CIN XXX—XXX

非专业化干散货码头自动化改造技术指南 ——装船环节

Technical guide for automatate reconstruction of non-specialization dry bulk cargo terminals—ship-loading

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国航海学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 系统构成	1
5 总体建议	3
6 作业模式	3
7 作业装备	4
8 辅助设施	6
参考文献	8

前 言

本文件按照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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：交通运输部水运科学研究院、广西北部湾国际港务集团有限公司、青岛港国际股份有限公司前港分公司、国投曹妃甸港口有限公司、唐山港集团股份有限公司。

本文件主要起草人：纪懿桓、顾群、赵伟丽、吉学斌、陈荣昌、朱静、刘石乾、尹占强、李兆单、张良、饶京川、张杰、高梓瑄、王俊文、石滢锬、邓翰京、任勤雷、王太伟、王雪琳、黎广宇、刘力、贾远明。

非专业化干散货码头自动化改造技术指南-装船环节

1 范围

本文件提供了非专业化干散货码头装船环节进行自动化改造中涉及的系统构成、总体建议、作业模式、作业装备和辅助设施等方面的指导。

本文件适用于矿石、煤炭、散粮等非专业化干散货码头装船作业的自动化改造。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50174 数据中心设计规范
- GB/T 3811 起重机设计规范
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 25070 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求
- GB/T 25604 土方机械 装载机 术语和商业规格
- GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
- GB/T 37025 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 自动化门座式起重机 automated portal crane

通过无人操控或有人远程操控实现装卸作业的门座式起重机。

3.2 自动化装载机 automated wheel loader

通过无人操控或有人远程操控实现行驶、装卸作业的轮胎式装载机。

3.3 远程操控台 remote control console

在作业现场以外，人工用于对设备实现监视、操作和控制的装置。

4 系统构成

4.1 非专业化干散货码头自动化装船系统主要由自动化门座式起重机、自动化装载机、远程控制中心、现场辅助设备设施构成，如图 1 所示。

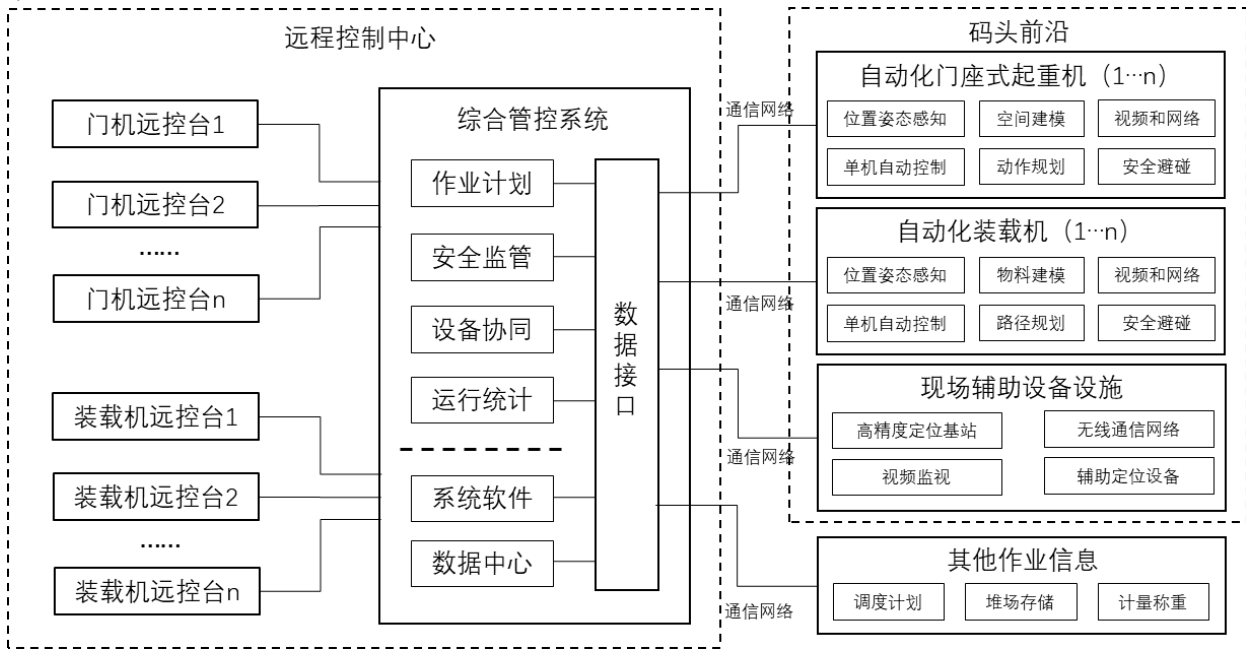


图1 非专业化散货码头自动化装船系统构成

4.2 自动化门座式起重机和自动化装载机系统主要具备以下功能：

- 位置和姿态感知；
- 作业空间和物料建模；
- 动作控制和路径规划；
- 安全避碰；
- 单机自动控制；
- 视频监控；
- 网络通信等。

4.3 自动化门座式起重机单机自动控制系统一般配置可编程控制器、变频器、位置和姿态感知设备和控制主机，自动化装载机单机自动控制系统一般配置车辆控制主机、定位和姿态感知设备。

4.4 在远程控制中心建立综合管控系统，布置自动化门座式起重机和自动化装载机远程操控台。

4.5 综合管控系统主要包括作业计划、安全监管、设备协同和运行统计功能，通过数据接口与现场作业设备进行数据交换。

4.6 综合管控系统根据船舶调度计划、堆场存储、气象条件和设备情况实现装船作业计划自动生成功能。

4.7 综合管控系统收集装船现场作业设备的位置、姿态等信息，以及现场车辆、人员位置信息，实现安全监管、预警和报警功能。

4.8 综合管控系统实时收集现场设备运行情况，实现高效装船、避碰防撞等设备协同运行功能。

4.9 综合管控系统结合计量称重信息，对装船作业实现运行统计功能，主要包括装卸作业量、设备能耗、故障报警等内容。

4.10 远程控制中心一般会建立数据中心，主要负责收集调度计划、现场设备、作业环境等信息，并配备与综合管控系统运行相适应的系统软件，

4.11 现场辅助设备设施主要包括以下内容：

- 高精度定位基站；
- 辅助定位设备等；
- 视频监视设备；
- 无线通信网络。

5 总体建议

- 5.1 非专业化干散货码头装船作业实施自动化改造需要满足码头生产作业和安全管理的要求。
- 5.2 自动化改造实施优先采用先进、稳定的技术，并遵循实用经济、环保节能和易于维护的原则。
- 5.3 根据自身生产作业实际情况，可对装船作业进行全部改造，也可按照门座式起重机、装载机的操控分阶段实施。
- 5.4 码头实施改造一般需要开展专项设计，充分考虑与场地布置、水工结构、供配电、通信等条件的适配。
- 5.5 对门座式起重机实施自动化改造需要充分考虑对其结构安全和运行安全的影响，必要时通过专业技术评估。
- 5.6 改造选用的传感器、激光雷达、视频摄像头等设备外壳防护等级按照 GB 4208 中 IP65 的要求选取。
- 5.7 实施自动化改造考虑加强码头装船作业区域的监视能力，实现无盲区监管。
- 5.8 完成自动化改造后的码头装船作业不低于改造前的装船能力。
- 5.9 码头方考虑配备适用于自动化装船系统运行的支持和保障技术人员。
- 5.10 单机自动控制系统结合位置信息和预计运行、动作信息进行防碰撞预测，根据碰撞风险程度进行预警、减速和紧急停车控制。
- 5.11 网络通信系统考虑通过安全设备与外网进行隔离，信息安全防护按照 GB/T 22239、GB/T 25070、GB/T 37025 有关内容执行。

6 作业模式

- 6.1 装船作业分为全自动化和半自动化工艺，全自动化主要实现全部装船设备自动化运行，半自动化实现主要装船作业相关设备自动化运行。
- 6.2 门座式起重机、装载机自动化改造一般分为自动化运行、人工远程操控和机上人工驾驶作业三种模式。
- 6.3 全自动化装船工艺主要由自动化门座式起重机和自动化装载机组成，装船作业时设备之间考虑实现统一协同的自主无人运行。
- 6.4 半自动化装船可由人工介入，组合模式见表 1。

表1 半自动化装船工艺模式表

半自动化装船工艺模式	自动化门座式起重机	自动化（远程操控）门座式起重机	人工远程操控装载机	人工驾驶装载机
1	√		√	
2	√			√
3		√	√	
4		√		√

6.5 门座式起重机在自动化、远程操控作业过程中，需要考虑避免与船舶、其他门座式起重机、装载机、装载车辆等发生碰撞。

6.6 装载机在远程操控作业过程中，需要考虑避免与门座式起重机抓斗、装载车辆、其他装载机等发生碰撞。

6.7 采用自动化或半自动化装船作业时，建议码头、船舶现场区域无人员实施其他作业。

7 作业装备

7.1 自动化门座式起重机

7.1.1 自动化门座式起重机总体设计按照 GB/T 3811 执行。

7.1.2 自动化门座式起重机主要具备人工远程操控和无人自动运行两种作业模式，根据不同作业模式设置远程/本地操作控制。

7.1.3 大车行走机构上安装绝对值编码器进行位置监测，采用差分卫星定位系统进行位置监测，并通过编码器或 RFID 磁钉等与北斗定位数据联动校对。

7.1.4 自动化门座式起重机象鼻梁头部安装高精度激光扫描仪，扫测船舶、甲板、舱口、舱口内货物、过道、船舶建筑物、码头货物等位置和形状信息。

7.1.5 在回转平台平行于臂架方向，在臂架两侧安装带有云台的激光扫描装置，用于收集臂架运动方向及周围的障碍物信息。

7.1.6 自动化门座式起重机通过绝对值编码器对以下机构进行位置、角度等信息采集：

——起升机构运行距离；

——变幅机构变幅角度；

——回转机构回转角度；

7.1.7 自动化门座式起重机可通过等效绳长计算抓斗位置，自动控制系统根据吊具姿态信息通过变频器控制吊具实现防摇。

7.1.8 装船作业时一般能够实现顺序抓取、定点抓取、自动抓取功能。

7.1.9 在作业区域范围内设置电子围栏，对人员、车辆等进行入侵识别和报警。

7.1.10 机上监控摄像头一般具有抗振、抗冲击能力，象鼻梁头部安装的视频摄像机具备阻尼防摆能力。

7.1.11 机上通信网络应采用工业以太网，带宽不低于 100 Mbps，与远程控制中心通信采用光纤模式，带宽达到 1000 Mbps。

7.1.12 单机与远程控制中心视频通信的延迟一般小于 250 ms，控制系统延时小于 30 ms。

7.2 自动化装载机

7.2.1 自动化装载机主要具备有人驾驶、视距遥控、远程遥控和自动化运行功能。

7.2.2 在远程操控中心配备操控台，根据不同作业模式设置远程/本地操作控制。

7.2.3 当自动化装载机发生故障时，由人工通过视距遥控将车辆行驶到维修地点。

7.2.4 自动化装载机一般采用双天线高精度差分卫星定位技术，定位精度达到厘米级。

7.2.5 自动化装载机一般选用机械或固态激光雷达、超声波传感器、毫米波雷达中的一种或多种设备组合，对其作业区域内、以及行进方向的物料、人员和障碍物进行探测和定位。

7.2.6 自动化装载机在车身前左、前右、中间、后左、后右配置可见光和红外摄像头，摄像头宜配置

自清洁装置。

7.2.7 单机自动控制系统通信一般采用 CANopen 协议，与远程控制中心通信建议采用 5G 专用网络或无线局域网，数传时延一般小于 30 ms，图传时延小于 150ms，带宽不小于 100 Mbps。

7.2.8 对自动化装载机进行改造，其单机自动控制系统主要实现前进、后退、转向、加减速、刹车、推铲、举升、卸料等控制功能，且提升时间、下降时间和卸载时间不高于改造之前。

7.2.9 单机自动控制系统根据作业区域人员和障碍物信息，结合作业动作预判碰撞风险，并根据风险程度进行报警、减速、停机等操作。

7.2.10 单机自动控制系统通过远程控制中心获取对应自动化门座式起重机动作信息，与其形成协同联动，防止碰撞发生。

7.2.11 车辆控制主机对各个机构实现监测和控制，运行状态信息实时传送到远程控制中心，并对装载次数、作业量等作业数据进行统计、存储，历史数据保持 1 个月以上。

7.3 远程操控台

7.3.1 远程操控台主要布置在中控室或专门设置的远程操控室内，室内工作环境一般按照 GB 50174 的有关内容执行。

7.3.2 远程操控台主要配置监视器、视频系统、控制主机、计算机、网络设备、语音对讲系统、操控手柄和按钮，根据实际作业需求配置触摸屏。

7.3.3 远程操控台通过高速通信网络与数据中心的服务器获取机载视频、控制主机的实时信息。

7.3.4 远程操控台能与现场任意一台未被远控的设备进行绑定，每个远程操控台只能同时与一台被控设备进行绑定，每台被控设备只能同时被一个远程操控台绑定。

7.3.5 远程操作模式一般包括远程手动、远程半自动和全自动作业。

7.3.6 被控设备处于半自动或全自动模式时，宜设置人工监视设备作业状态，当发现异常情况时，人工通过手柄或按钮介入操控，排除异常情况后，能够实现一键恢复半自动或全自动运行的功能。

7.3.7 远程操控人员能够通过语音对讲系统与现场进行沟通交流。

7.3.8 门座式起重机远程操控台配置的监视器能够实时显示以下信息：

- 主要机构运行的视频监控画面；
- 作业船舶信息；
- 船舱内物料画面；
- 码头作业区域画面；
- 设备间、电气房等重点设备和区域画面；
- 门机控制系统信息；
- 作业信息等。

7.3.9 门座式起重机远程操控台手柄和按钮主要包括以下操控功能：

- 电源、电气控制及指示；
- 操作模式选择；
- 大车行走；
- 料斗上升、下降；
- 增幅、减幅；

T/CIN XXX—XXX

- 左转、右转；
- 开斗、闭斗；
- 人工介入/恢复；
- 紧急停止等。

7.3.10 装载机远程操控台配置的监视器能够实时显示以下信息：

- 机载视频摄像头画面；
- 装载机运行动作和状态信息；
- 作业量统计信息；
- 紧急停止按钮等。

7.3.11 装载机远程操控台手柄和按钮主要包括以下操控功能：

- 电源、电气控制及指示；
- 操作模式选择；
- 装载机前进、后退和转向；
- 动臂举升、下降；
- 铲斗翻转；
- 车载喇叭控制；
- 灯光控制；
- 紧急停止等。

8 辅助设施

8.1 定位和导航

8.1.1 码头作业区域建立高精度卫星差分定位基站，定位精度达到厘米级；

8.1.2 码头装船作业区域建立统一空间模型，装船作业涉及的设备、设施等处于同一坐标系内，空间模型主要覆盖船舶整体、船舱区、甲板区、过道区、物料区、码头前沿区和建筑物区。

8.1.3 装船作业设备的定位信息、物料的空间点云、船舶和码头前沿设施位置信息通过算法统一转化为大地坐标系。

8.1.4 船舶、自动化门座式起重机和自动化装载机的位置精度一般达到厘米级，船舶姿态主要考虑潮汐、货物重量变化引起的横摇和纵摇，并对横摇和纵摇进行监测。

8.1.5 各种定位采集装置根据实际运行情况进行校准和标定。

8.2 视频监控

8.2.1 在码头前沿作业区域利用高杆灯、围栏等设施合理配置高清、低照度摄像机，实现自动化作业无死角可视化覆盖。

8.2.2 视频摄像机的画面通过通信网络实时传送到中央控制室或远程操控室，辅助远程操控人员参考使用。

8.2.3 码头前沿自动化作业区域通过视频监控设置电子围栏，对进入的人员和车辆进行识别和风险报警。

8.3 通信网络

8.3.1 码头区域配备无线网络覆盖，能够满足多台自动化门座式起重机和自动化装载机同时运行的要

求。

8.3.2 网络传输延时、丢包率等按照 GB/T 28181 执行。

8.3.3 码头区域通信网络系统建立安全保护机制，防止外部非法入侵。

参 考 文 献

- [1] GB/T 43380-2023 自动化干散货码头综合管控系统技术要求
 - [2] JTS/T 188-2022 自动化煤炭矿石码头技术规范
 - [3] JTS/T 199-2021 自动化集装箱码头建设指南
-