ICS 47.020
CCS U00/09

团 体 标 准

T/CSNAME 263—2026

浮船坞除锈废水循环利用系统技术要求

Technical requirements for rust-removal wastewater recycling system of floating dock

2026－11－06 发布　　2027－02－06 实施

中国造船工程学会　　发 布

目　　次

前　　言 3
1 范围 4
2 规范性引用文件 4
3 术语和定义 4
4 系统主要组成及功能 5
4.1 系统主要组成 5
4.2 各系统功能 6
5 系统设置技术要求 6
5.1 总体要求 6
5.2 材料 6
5.3 处理能力 7
5.4 水回用率 7
5.5 回用水水质 7
5.6 运行能耗 7
5.7 安全性能 8
5.8 环保 8
6 系统试验技术要求 8
6.1 一般规定 8
6.2 单机试验 8
6.3 联动试验 8
6.4 连续试运行试验 9
6.5 水质检测试验 9
6.6 安全与环保验证试验 9
6.7 验收指标 9

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。

本文件由中国造船工程学会船舶标准化专业委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：广东中远海运重工有限公司、上海中远海运环境科技股份有限公司、威海中远海运重工科技有限公司、南通中远克莱芬船舶工程有限公司。

本文件主要起草人：杨茂、任丽、庄瑞民、李娟、何桥宝、王海、刘向文、敖武平、刘习贤、岑鉴、赵勇平、刘佩秀、戴长生、赖访明、李伟京、胡勇、江南阳、江志海、赖军郁、张宇中、王忠明、龚帆、李升杰、于坤坤、陈真、姚必明。

浮船坞除锈废水循环利用系统技术要求

1 范围

本文件规定了浮船坞除锈工艺产生的废水循环利用系统的系统组成与功能、系统技术要求（含材料、处理能力、水回用率、回用水水质、运行能耗、安全性能及环保要求）以及系统试验与验收要求。

本文件适用于浮船坞新建、改建、在用船体高压水除锈作业产生的除锈废水循环利用系统的设计、建造、运行和维护。

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/T 43142—2023 超高压水射流船舶除锈成套装备

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

浮船坞除锈废水 rust-removal wasted water from floating dock

除锈过程中，由高压水携带船体表面铁锈、漆粉、油污、海生物及少量金属碎屑等形成的混合废水。

3.2

旋流分离 hydrocyclone separation

在压力作用下，废水沿切线方向进入旋流分离器形成高速旋流，依靠离心力场，按颗粒密度、粒径差异实现液固分离的工艺过程。

3.3

催化氧化装置 membrane catalytic oxidation unit

采用氧化处理方式的水质处理装置，通过催化剂（如金属氧化物）活化氧化剂产生羟基自由基，降解难溶化的有机物。

3.4

电解吸附装置 electrolytic adsorption unit

利用电化学反应（阳极氧化、阴极还原）与吸附剂（如活性炭纤维）协同去除重金属离子及残留有机物的设备。

3.5

回用水 reclaimed water

经处理后满足浮船坞除锈工艺要求的再生水水质，可用于浮船坞除锈作业所需清水的补充及循环使用。

3.6

污泥　sludge

浮船坞除锈作业所产生的废水在进行水质处理过程中形成的泥状物。

3.7

跨膜压差　transmembrane pressure，TMP

膜组件进料侧（膜前）平均压力减去产水侧（膜后）压力，是推动水穿过膜层的净驱动力。

4　系统主要组成及功能

4.1　系统主要组成

浮船坞除锈废水循环利用系统的主要由废水收集系统、废水预处理系统、废水深度处理系统、污泥处理系统和浓水处理系统等组成。其系统结构组成见图1示意，系统流程原理见图2示意。

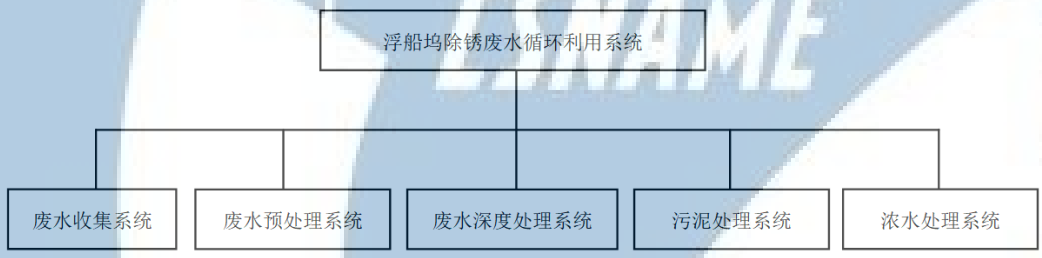


图1　浮船坞除锈废水循环利用系统主要结构组成图

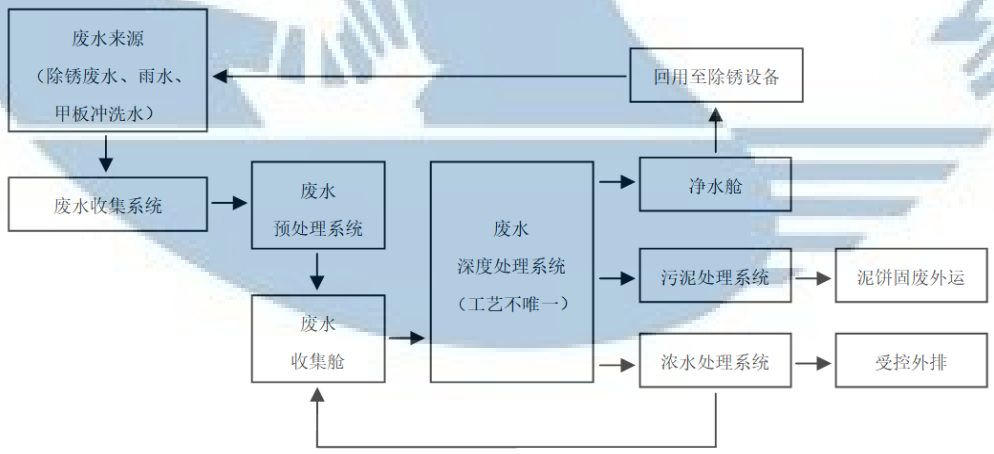


图2　浮船坞除锈废水循环利用系统流程原理图

4.2 各系统功能

4.2.1 废水收集系统应能收集浮船坞除锈作业废水、甲板雨水、甲板冲洗水等废水，利用坞甲板坡度、围堰和收集管路实现自流汇集，并具有汇水、导流和截留大块杂物的作用。

4.2.2 废水预处理系统应通过粗过滤、预沉淀去除废水中大颗粒锈渣、磨料等重质悬浮物，减轻后续深度处理单元负荷，保护后端设备。

4.2.3 废水深度处理应通过沉淀、旋流分离、催化氧化、电解吸附、膜过滤等组合，逐级去除细小悬浮物、胶体、油污、有机污染物，产出达标清水回用于除锈作业。

4.2.4 污泥处理系统应收集各处理单元排出的污泥，经叠螺机脱水减容形成泥饼，并具备合规转运处置的条件。

4.2.5 浓水处理系统应收集膜过滤产生的浓水，并优先回流至前端收集舱重新处理；确需外排时，管控水质应满足当地环保排放要求。

5 系统设置技术要求

5.1 总体要求

5.1.1 系统应实现浮船坞除锈废水、甲板冲洗水、露天雨水的收集、处理、循环回用，并遵循就地处理、优先回用、减量排放、固废合规处置原则。

5.1.2 系统组成应符合 4.1 的要求，深度处理系统工艺不唯一，常规包含沉淀单元、旋流分离器、催化氧化系统、电解吸附装置和膜过滤系统等。

5.1.3 系统应适配浮船坞潮汐升降、船体移位、除锈作业间歇波动工况。

5.1.4 系统应设置 PLC 自控、在线监测仪表，具备就地和远程控制、故障报警、联锁保护和运行数据存储功能；运行数据保存期限应不少于 3 个月，满足海事、生态环境核查要求。

5.1.5 系统应配套应急设施，在检修、设备故障、暴雨溢流工况下暂存废水，严禁未经处理直接排入水域。

5.1.6 系统工艺、设备配置应满足浮船坞 PSPC 涂装配套要求，回用出水不得造成钢板二次锈蚀、影响涂层施工质量。

5.1.7 系统设计、制造、安装应适应水上修造作业环境，便于巡检、药剂投加、膜组件维护、污泥清运。

5.1.8 系统中的过滤膜及滤器应具有自动清洗功能，减少人工手动清洗的工作量。

5.1.9 系统布置应预留药剂储备空间，储备量应满足运行需要，避免药剂断供造成系统作业中断。

5.2 材料

5.2.1 与除锈废水、清洗药剂、污泥直接接触的设备壳体、管路、阀门、滤器和槽体等材料，宜选用 304 或者 316L 不锈钢、HDPE 等耐磨损、耐酸碱腐蚀材料；普通碳钢构件应做可靠防腐处理。

5.2.2 膜组件、密封件、软管材料应兼容酸洗、碱洗化学清洗药剂，具备耐铁氧化物胶体污染、耐磨损性能。

5.2.3 旋流分离器、叠螺脱水机过流部件应采用耐磨材质，抵御铁锈、磨料颗粒冲刷磨损。

5.2.4 药剂储存容器、围堰、防渗衬层材料应耐除锈废水腐蚀，防止药剂渗漏污染水域。

5.2.5 电气设备外壳、仪表壳体防护等级不应低于 IP65，满足水上高湿、盐雾环境使用要求。

5.3 处理能力

5.3.1 系统额定处理能力应按浮船坞最大除锈作业工况核算，设计余量不宜小于 15%，应适应高峰来水水量、水质周期性波动等工况。

5.3.2 系统在额定工况下，应能够连续稳定运行，满足除锈作业连续供水需求。

5.3.3 废水收集舱（或收集废水的污水舱）有效容积、预处理单元处理量、深度处理单元处理量、相关泵组额定流量应匹配峰值来水，缓冲水量冲击，保证废水深度处理系统进水负荷稳定。峰值来水按所有投入使用的除锈设备每小时的工作水量总和计算，废水收集舱（或收集废水的污水舱）舱容不应小于峰值来水的 3 倍，以保障船坞除锈作业的连续性。

5.3.4 深度处理系统各单体设备处理能力应相互匹配，不应出现单台设备瓶颈制约整套系统处理能力。

5.3.5 系统处理能力验收以 72 h 连续试运行的平均稳定产水量作为判定依据。

5.4 水回用率

5.4.1 系统额定工况下，回用产水供给除锈设备循环使用，水回用率不应低于 80%。

5.4.2 水回用率应按回用水体积占总处理水体积的百分比计算。

5.4.3 浓水优先回流至前端废水收集舱再处理；确需外排的浓水量计入损耗排放水量。

5.5 回用水水质

回用水质指标原则上应满足 GB/T 43142—2023 中除锈设备对于工作水质的要求，同时应根据实际使用的高压柱塞泵对水质的特殊要求进行调整修正。回用产水水质不达标时应设置相应的监控及报警措施，不达标的回用水不得进入回用管路供给除锈设备。表 1 列举了回用水质常用指标以作为实际使用的参考。

表1 回用水质指标

控制指标	单位	指标
过滤程度(精度)	μm	10
COD	mg/L	≤100
最大硬度	°DH	≤20
碳酸根	mg/L	≤100
铁	mg/L	≤0.5
硫酸盐	mg/L	≤100
磷酸盐	mg/L	≤50
总氯	mg/L	≤100
游离氯	mg/L	≤5
pH	无量纲	6.5-8.5

5.6 运行能耗

5.6.1 5.6.1 系统额定工况下，单位产水能耗（自废水收集至回用产水）不宜大于 1.8 kWh/m³。

5.6.2 5.6.2 能耗统计范围包含泵、旋流分离、催化氧化、电解吸附、膜系统、气擦洗、叠螺脱水、自控仪表等整套系统用电，不含除锈高压水枪、除锈机器人、高压水机泵组等除锈系统的设备能耗。

5.6.3 系统宜采用节能泵、变频控制，根据液位、流量、TMP 自动调节负荷，降低间歇工况能耗。

5.6.4　系统验收能耗测试应在额定进水水质、额定处理负荷下连续稳定运行不少于 24h，取平均值核算。

5.7　安全性能

5.7.1　电气系统应符合浮船坞作业水区的安全规范，接地、漏电保护、过载联锁齐全；药剂间、危险区域按要求设置警示标识。
5.7.2　化学药剂储存、投加区域设置防渗围堰、洗眼器、应急冲洗装置，配备防护用品（如耐酸碱手套、护目镜、防护服）。
5.7.3　膜系统、压力管路设置安全阀、泄压装置，压力超限时自动报警、联锁停机。
5.7.4　系统设置紧急停机按钮，在发生泄漏、溢水、药剂喷溅时可快速切断动力。
5.7.5　设备转动部件设置防护罩；高处平台、巡检通道设置防护栏杆，满足水上作业安全要求。
5.7.6　系统应编制专项安全操作规程，应急操作规程。

5.8　环保

5.8.1　系统外排浓水水质应满足当地生态环境、海事主管部门排放管控要求，未达标不得排放。
5.8.2　各单元产生的污泥、滤渣经叠螺机脱水后，泥饼按固废分类管理，委托具备资质单位外运处置，不得抛入水域。
5.8.3　废浮油、失效化学药剂、废膜组件分类收集，按危险废物管理要求处置。
5.8.4　系统药剂投加、清洗废液不得直接排入水域。清洗废液全部回流至前端处理系统。
5.8.5　系统运行噪声应满足港区和厂区的噪声控制要求，必要时采取降噪措施。
5.8.6　系统运行台账、水质检测报告、固废转移联单应完整留存，以备监管核查。

6　系统试验技术要求

6.1　一般规定

6.1.1　系统试验分为单机试验、联动试验、72 h 连续试运行试验，试验应在系统安装完成、管路冲洗合格、仪表校验合格后开展。
6.1.2　试验介质为浮船坞实际除锈废水。不具备实际废水条件时，可采用模拟配水试验，并在编制说明中注明。
6.1.3　试验期间应记录环境条件、进水水质、运行参数、能耗、水质检测数据，所有记录资料作为验收资料归档。
6.1.4　试验用计量器具、检测仪器应经检定或校准合格，且在有效期内。

6.2　单机试验

6.2.1　所有泵、旋流分离器、催化氧化装置、电解吸附装置、膜组件、叠螺脱水机、阀门、仪表等设备应逐台开展单机空载及负载试验。
6.2.2　检查设备转向、振动、温升、密封、噪声，无异常异响、无渗漏、保护功能动作可靠。
6.2.3　在线监测仪表进行标定比对，测量误差应满足仪表精度要求。

6.3　联动试验

6.3.1　单机试验合格后进行全系统联动试验，检验工艺流程、管路流向、自控逻辑、联锁保护、报警功能。

6.3.2　依次模拟液位超限、TMP 高值、泵故障、药剂低液位等故障工况，验证报警、联锁停机、应急切换功能。

6.3.3　验证浓水回流、污泥排送、清洗回路切换动作准确，阀门切换无卡滞。

6.3.4　验证数据采集、存储功能检查，数据保存功能完好无缺失记录情况。

6.4　连续试运行试验

6.4.1　联动试验合格后开展 72 h 连续试运行试验，系统在额定处理能力工况下稳定连续运行。

6.4.2　主要试验监测项目：进水水质、回用产水水质、处理水量、回用产水量、浓水量、污泥产量、跨膜压差 TMP、系统总耗电量。

6.4.3　核算指标：系统处理能力、水回用率、单位产水能耗，结果应符合本标准对应章节技术要求。

6.4.4　试运行期间，膜组件、管路、设备无持续泄漏，污泥脱水、排泥系统运行稳定。

6.5　水质检测试验

6.5.1　进水、回用产水、外排浓水按标准规定频次取样检测，水质指标检测方法执行国家现行有效监测标准。

6.5.2　回用产水不达标时，判定该批次试验不合格，需排查工艺、清洗、预处理问题，整改后重新试验。

6.6　安全与环保验证试验

6.6.1　验证紧急停机、药剂泄漏应急、泄压保护装置动作可靠性。

6.6.2　核查污泥、废药剂、清洗废液收集回路，确认无直排风险。

6.6.3　检测系统厂界噪声，噪声指标满足设计要求。

6.7　验收指标

6.7.1　系统连续运行 72 h，回用水应满足 5.5 要求，具体指标见表 1。

6.7.2　按 5.4.2 计算回用率，回用率应不低于 80%。

6.7.3　每立方回用水所用能耗应满足 5.6.1 要求。

6.7.4　逐项判定以上项目指标，全部合格时，判定系统验收合格。