

# T/CDSA

## 中国潜水救捞行业协会团体标准

T/CDSA XXXX—2026

### 船舶水下清洗操作规程

Code of practice for underwater cleaning operations of ships

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026年5月31日）

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。

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国潜水救捞行业协会 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 总则 .....	2
5 人员与设备要求 .....	2
6 作业前准备、评估与报备 .....	3
7 通用作业条件与环境管控 .....	3
8 清洗作业操作规程 .....	4
9 环保回收与污染物处置规程 .....	4
10 作业后验证、记录与报告 .....	5
11 应急处理规程 .....	5
附录 A（资料性） 船舶水下清洗作业前检查和评估表 .....	7
附录 B（资料性） 污染物回收与处置记录表 .....	8
附录 C（资料性） 典型污损生物单位面积湿重参考表 .....	9
参考文献 .....	10

## 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。

本文件由中国潜水救捞行业协会提出并归口。

本文件起草单位：青岛瓦曼船舶技术工程有限公司、山东碧海科技发展有限公司青岛分公司、华宇云通海洋科技（山东）有限公司、青岛海跃潜水工程有限公司、威海贝泽机器人科技有限公司、安潜科技（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：高明珠、郎涛、孙壮志、刘道东、张辉、韩运武、许朋朋、李元杰、国卫。

# 船舶水下清洗操作规程

## 1 范围

本文件规定了船舶水下清洗作业的总则、人员与设备要求、作业前准备与报备、作业条件与环境管控、操作规程、环保回收与污染物处置、作业后验证与报告及应急处理的要求。

本文件适用于在中华人民共和国管辖水域内，对商业运输船舶、工程作业船舶、公务船舶等开展的潜水员人工或遥控无人潜水器（ROV）水下清洗作业。

本文件优先推广具备污染物全量回收能力的回收清洗作业。对于暂不具备全量回收能力的作业，应严格限制在低污损等级区域，并执行第9章规定的受控防扩散措施。

本文件不适用于军事舰船和在干船坞内进行的清洗作业。

## 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 3552 船舶水污染物排放控制标准

GB 26123 空气潜水安全要求

GB/T 16560 甲板减压舱

GB/T 36666 船舶水下清洗指南

JT/T 746 遥控无人潜水器协同潜水作业要求

JT/T 1365 潜水作业现场急救方法与要求

T/CIN 095 船体水下清洗机器人操作技术要求

T/CANSI 123 水下船体清刷机器人

T/CDSA 201.21 潜水作业应急医疗保障要求

## 3 术语和定义

GB/T 36666、IMO MEPC. 378(80)界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**回收清洗 recovery cleaning**

在清洗过程中，通过集成的污染物回收系统，捕获并处理所有脱落的海洋生物附着物、碎片和涂层颗粒。

### 3.2

**生物污垢管理计划 biofouling management plan**

符合 IMO MEPC. 378(80)决议要求的，由船东或船舶经营人制定的，用于管理船舶生物污垢，以减少有害水生物和病原体转移风险的计划。

### 3.3

**涂层损伤阈值 coating damage threshold**

为防止损害防污涂层有效性而设定的最大允许损伤限度。

### 3.4

**污染物回收率 pollutant recovery rate**

清洗作业过程中，被回收系统捕获并收集的海生物及涂层碎屑总重量，占作业过程中理论估算脱落污染物总重量的百分比。

### 3.5

**污损等级 Fouling Rating (FR)**

表征船体表面海洋生物附着覆盖程度的量化指标,通常通过高清影像比对标准图谱或网格法计算得出,用于评估清洗难度和制定作业方案。

## 4 总则

4.1 水下清洗作业应遵循“安全第一、预防为主、环保优先、综合管控”的原则。

4.2 作业单位对清洗过程中产生的污染物收集、贮存、运输及合规处置承担直接责任。作业活动应支持船舶《生物污垢管理计划》的实施。

4.3 作业活动除应符合本文件规定外,还应遵守《中华人民共和国海洋环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》及交通运输部《水上水下作业和活动通航安全管理规定》等相关法律法规的要求,并符合国际海事组织《船舶生物污垢控制与管理指南》(MEPC.378(80))及《船舶生物污垢水下清洗指南》(MEPC.1/Circ.918)的相关要求。

## 5 人员与设备要求

### 5.1 人员要求

5.1.1 潜水作业人员应持有有效的潜水员资格证书,其健康、培训与作业安全要求应符合 GB 26123 的相关规定。

5.1.2 遥控无人潜水器(ROV)操作人员应具备相应的设备操作资质与不少于1年的同类设备实操经验。

5.1.3 现场作业负责人应持有有效潜水监督证书,负责整个作业的计划制定、现场指挥、安全监督与环保控制。

5.1.4 所有参与作业的人员,包括辅助人员,上岗前均应接受针对本次作业内容的安全、环保和应急预案的专项培训,并考核合格。

### 5.2 设备要求

#### 5.2.1 人工清洗设备

5.2.1.1 工具材质满足下列条件:

- a) 清洗工具必须为尼龙刷、高分子材料刷或塑料刮刀等非金属柔性工具;
- b) 为防止对船体防污涂层造成不可逆的机械损伤,严禁使用钢丝刷、铲刀等金属利器。

5.2.1.2 高压水射流设备应配备可调压和限压装置,根据船体防污漆类型设定工作压力限制:

- a) 对于常规防污漆(SPC),最大工作压力不应大于15 MPa;
- b) 对于低表面能防污漆(FRC),最大工作压力不应大于10 MPa。
- c) 人工高压水射流设备应配备距离限位装置,喷嘴与船体表面距离不得小于80 mm,严禁近距离冲击船体表面。

#### 5.2.2 ROV 清洗设备

5.2.2.1 遥控无人潜水器(ROV)平台应具备有效的适航证书及稳定的姿态控制能力。

5.2.2.2 清洗参数满足下列要求:

- a) 对于低表面能防污漆(FRC),旋转刷盘材质邵氏硬度不应高于60A,对于传统自抛光防污漆(SPC),不应高于80A;
- b) 刷盘转速宜控制在200 r/min~400 r/min之间;
- c) 空化射流压力宜控制在8 MPa~35 MPa之间。

5.2.2.3 ROV的定位与控制满足下列要求:

- a) ROV应具备路径规划与覆盖能力;
- b) 在开阔平坦区域,定位精度宜控制在±30 cm以内,条件允许时宜达到±10 cm。

5.2.2.4 空化射流作业满足下列条件:

- a) 空化射流工作压力宜控制在 8 MPa~35 MPa 之间；
  - 1) 针对 FR 0~50 轻度污损、低表面能防污漆（FRC），选用 8 MPa~20 MPa 低压区间；
  - 2) 针对 FR 50~100 中重度污损、传统自抛光防污漆（SPC），选用 20 MPa~35 MPa 常规区间。
- b) 喷嘴与船体表面的距离应严格保持在 50 mm~300 mm 之间，严禁贴面射击；
  - 1) 标准作业距离（100 mm ~ 300 mm）：适用于船体大面积平整区域的常规清洗工况；
  - 2) 近距离强化清洗（50 mm ~ 100 mm）：仅适用于焊缝、边角、凹槽等狭小复杂结构，或需提升污染物回收率的特定工况。作业时须严格限制工作压力与移动速度，并启用距离传感或限位功能，确保闭环控制正常。
  - 3) 50 mm~100 mm 近距离区间作业时，工作压力不得高于 20 MPa，单次连续作业时长不应超过 5s，禁止定点长时间停留。
- c) 设备应具备距离传感或限位功能，防止操作失误导致喷头接触船体。
- d) 空化射流作业参数应结合船体污损等级、防污漆类型匹配选用，重度硬壳污损区域禁止采用高压近距离作业模式。

### 5.2.3 污染物回收装置

污染物回收装置满足下列要求：

- a) 应采用物理围挡与负压抽吸一体化设计；
- b) 在敏感水域作业时，为防止污染物外泄，应配备二级防溢散装置；
- c) 系统宜集成或配备便携式废水处理单元。

## 6 作业前准备、评估与报备

### 6.1 信息收集与风险评估

6.1.1 作业前，作业单位应向船方获取并核实以下信息：船舶名称、IMO 编号、主尺度、船体型线特点、防污底系统类型、品牌、施工年限及现状、上次进坞时间、现有《生物污垢管理计划》相关内容。

6.1.2 作业前，应识别并标记船体敏感区域，在作业方案中明确特殊保护措施。

### 6.2 现场勘验与方案制定

6.2.1 作业单位应派遣具备资质的潜水员或使用 ROV 进行水下勘察，通过分辨率不低于 1920×1080 像素的高清视频和照片，系统记录船体各部位生物污垢类型、覆盖程度和涂层状况。

6.2.2 基于勘察结果，作业单位制定详细的《船舶水下清洗作业方案》，经技术负责人批准并提交船方确认。

6.2.3 作业前应获得船舶船长书面确认，落实驾驶台监护、系泊加固、螺旋桨锁定等安全措施。

6.2.4 作业方案应明确与船舶驾驶台、码头调度、警戒船艇的通讯方式和应急联络程序。

### 6.3 海事报备

6.3.1 作业单位应依据《水上水下作业和活动通航安全管理规定》，按作业地海事管理机构要求提前报备，一般不少于 3 个工作日。作业位于生态敏感水域的，除海事报备外，还应按属地管理要求向生态环境主管部门完成报备。

6.3.2 报备材料应包含《污染物处置承诺书》。

## 7 通用作业条件与环境管控

### 7.1 环境窗口与作业分级管控

根据作业方式和安全风险等级，水下清洗作业应满足表 1 规定的环境条件。

表 1 作业环境条件

作业类型	表层流速	有义波高	水下能见度	风力（蒲氏）	适用场景
A类：人工潜水作业	≤0.8 节	≤0.5 m	≥1.0 m	≤5 级	执行 GB 26123
B类：ROV 机械化作业	≤2.0 节	≤1.0 m	≥0.5 m	≤6 级	具备抗流能力
C类：敏感区/混合作业	≤0.8 节	≤0.5 m	≥1.0 m	≤5 级	邻近敏感区域

## 7.2 安全作业区管理

7.2.1 应以被清洗船舶为中心，设置半径不小于 50 m 的水上安全作业区，通过警示浮标、灯号或警戒船艇标识警戒。

7.2.2 作业期间，现场负责人应与船舶驾驶室、码头调度、警戒船艇保持不间断通信。

## 7.3 生态保护与防污染特殊要求

7.3.1 作业应尽可能避开生态敏感区域。

7.3.2 当作业点距离近海养殖区、渔业设施或饮用水源取水口小于 500 m 时，必须在清洗区域周边全围闭布设双层防污帘，帘体高度应延伸至海面以下至少 2 m，底端距海底不大于 0.5 m。

## 8 清洗作业操作规程

### 8.1 一般要求

所有清洗作业必须严格按照经批准的《船舶水下清洗作业方案》执行。

### 8.2 人工潜水清洗操作规程

8.2.1 人工潜水清洗主要适用于污损等级较低（FR 0~50）、涂层轻度老化及 ROV 难以到达的复杂结构区域。

8.2.2 潜水员下潜前，水面支持团队应完成装备检查、潜水计划确认。潜水员水下应与水面监督员保持连续语音通信，水面监督员至少每 15 min 进行一次状态确认。

8.2.3 潜水员水下作业时间应按照 GB 26123 及潜水作业方案执行，严格控制疲劳与减压风险。清洗应使用柔性工具，避免长时间定点冲击。

### 8.3 ROV 机械化清洗操作规程

8.3.1 ROV 机械化清洗适用于污损等级中高（FR 30~100）、船体表面平整的大面积区域。

8.3.2 ROV 应搭载高精度定位与路径规划系统，确保清洗路径完整覆盖。

8.3.3 空化射流作业应根据污损类型与厚度动态调节压力。

### 8.4 混合式清洗操作规程

8.4.1 可采用“ROV 为主、人工为辅”的混合清洗模式。污损等级 FR 30~50 重叠区间，船体大面积平整区域优先采用 ROV 机械化清洗，焊缝、边角、凹槽等复杂结构区域优先采用人工潜水清洗。

8.4.2 应明确划分作业区域与时序，建立潜水员与 ROV 操作手之间的直接通信，确保人机安全隔离。

8.4.3 潜水员与 ROV 协同作业应遵守 JT/T 746 的要求。

### 8.5 作业过程监控

8.5.1 整个清洗作业过程应进行连续视频记录，影像清晰并带时间戳，保存期限不少于 1 年。敏感水域作业、发生污染物泄漏、涂层损伤超标等特殊场景的影像资料，永久留存。

8.5.2 应对回收装置吸口处进行特写拍摄，作为回收执行情况的核心证据。

## 9 环保回收与污染物处置规程

## 9.1 污染物实时回收

根据作业水域生态敏感程度，污染物回收率应满足以下要求：

- a) 普通水域：不应低于90%；
- b) 敏感水域（含自然保护区、水产种质资源保护区、重要渔业水域、近海养殖区、饮用水源取水口等）：不应低于95%；

鼓励作业单位采用回收清洗工艺，实现趋近100%的回收。

9.1.1 清洗作业必须与污染物回收同步进行，严禁裸冲。

9.1.2 作业单位应至少采用以下一种方法验证回收率，优先采用定量称重法，并记录于附录B：

9.1.1 清洗作业必须与污染物回收同步进行，严禁裸冲。

9.1.2 作业单位应至少采用以下一种方法验证回收率，优先采用定量称重法，并记录于附录 B：

- a) 定量称重法（首选）：按回收率=(实际回收重量/估算脱落总量)×100%计算；
- b) 过程控制法（等效）：同时满足：回收装置吸口无可见碎片逃逸；围挡外水体清澈；回收容器有效封存；
- c) 微量声明法（限定）：清洗总面积≤5 m<sup>2</sup>且污损总量≤0.5 kg，由现场负责人签署承诺书。

## 9.2 污染物上岸与处置责任

9.2.1 处置责任实行“谁清洗、谁处置”，作业单位不得以无接收设施为由拒绝处置。

9.2.2 分类处置路径：码头接收、自营密闭转运、合规处置。属危险废物的，执行电子联单制度。

9.2.3 处置应采用高温蒸汽或烘干工艺，核心温度达到 60℃以上并持续至少 30 min；或采用其他经第三方检测验证、灭活效果不低于上述参数的等效工艺，相关参数应记录存档。

## 10 作业后验证、记录与报告

### 10.1 清洗效果与涂层检查

作业完成后应进行水下验证，验收标准如下：

- a) 清洗效果：船体表面可见污损生物残留覆盖面积不超过总面积的 5%；无成片硬质生物残留；软体污损平均厚度小于 1 mm。采用\*\*分区抽样评估法\*\*，在船底、舷侧、船艏各抽取不少于 3 个区域统计。
- b) 涂层安全：
  - 1) 点状损伤：单个露底损伤点直径不应大于 25 mm。
  - 2) 面状损伤：任意 300 mm×300 mm 区域内，露底总面积不应超过 5%。
  - 3) 带状损伤：沿焊缝或边缘损伤长度不应大于 100 mm，宽度不应大于 10 mm。
  - 4) 严禁出现穿孔、深度大于 2 mm 沟槽或连续片状剥落。
- c) 环保验证：附录 B 记录、回收计量、处置单证完整有效。

### 10.2 记录与报告

10.2.1 作业单位应在作业结束后 7 个工作日内向船方提交《船舶水下清洗作业报告》。

10.2.2 报告应附上回收视频截图、称重/计量记录、污染物接收处置单证。

## 11 应急处理规程

### 11.1 应急中止条件

作业过程中出现下列任一情况，现场负责人应立即中止作业：

- a) 环境条件突变超出限值；
- b) 设备严重故障或失控；
- c) 发生污染物泄漏；
- d) 人员遇险；
- e) 渔网缠绕风险显著增加；
- f) 水下能见度骤降、出现雷雨、海雾等恶劣天气；
- g) 设备参数锁定功能失效、参数异常；
- h) 防污帘、回收装置出现大面积破损、污染物扩散。
- i) 接到主管部门要求撤离。

### 11.2 应急处理措施

11.2.1 设备故障或污染泄漏：立即停机，控制泄漏源，采取防扩散措施，按规定报告。

11.2.2 人员遇险：立即启动救助程序。潜水员遇险应按 GB 26123 和 JT/T 1365 执行。现场应按 T/CDSA 201.21 配备应急医疗保障设备，包括甲板减压舱、急救药品与氧气复苏装置。潜水员出现减压病、肺气压伤等潜水疾病时，应立即吸氧、急救，并尽快转送具备减压舱的医疗机构。

11.2.3 应急处置完毕应开展评估、记录与预案改进，涉及事故或污染的应按规定上报。

**附录 A**  
(资料性)  
**船舶水下清洗作业前检查和评估表**

表 A.1 给出了船舶水下清洗作业前检查和评估内容。

**表 A.1 船舶水下清洗作业前检查和评估表**

项目名称		项目编号	
作业地点		检查日期	
检查人员		潜水监督	

  

检查类别	序号	检查与评估内容	标准要求/选项	检查结果	备注
船舶与信息	1	船舶 IMO/名称、主尺度核实	信息准确	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	2	防污漆类型、品牌、年限记录核查	记录清晰	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	3	船体敏感区域（螺旋桨、海底门等）标识	已明确	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
环境条件	4	水流速测量	根据作业类型判定： A类（人工） $\leq 0.8$ 节 B类（ROV） $\leq 2.0$ 节 C类（ROV） $\leq 0.8$ 节	_____ 节	
	5	水下能见度评估	$\geq 1\text{m}$	_____ m	
	6	水温测量	$>5^{\circ}\text{C}$	_____ $^{\circ}\text{C}$	
	7	现场风力、海况观测	风力 $\leq 6$ 级 海况 $\leq 3$ 级	_____ 级	
人员与资质	8	是否已避开或评估生态敏感区	是	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	9	潜水员/ROV 操作员资质证书	有效，在场	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	10	现场负责人（潜水监督）资质	有效	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
设备与物料	11	所有作业人员安全环保交底记录	已完成并签字	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	12	清洗设备（人工/ROV）状态检查	正常，参数设置合规	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	13	污染物回收装置状态与覆盖率测试	正常，覆盖率 $\geq 95\%$	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	14	密闭转运容器/防污帘	已准备就绪	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	15	压力表、测厚仪等计量器具检定状态	在有效期内	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	16	应急物资（急救箱、吸附材、围油栏等）	齐全，可用	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
方案与报备	17	污染物接收容器及单据准备	齐全	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	18	《水下清洗作业方案》编制与审批	已完成，经批准	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	19	海事报备/许可手续办理情况	已获批准/回执	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	20	污染物处置协议/承诺	已签订/已明确	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	21	船方对作业方案的确认	已签字确认	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
勘验评估	22	作业区域安全警戒设置（浮标、警戒船）	已设置，通讯畅通	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	23	水下高清影像采集（作业前）	已完成，关键区域覆盖	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	24	主要污损类型与等级（FR）判定类型：_____ FR：_____	书面报告已出具	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
	25	防污漆状况初步评估状态：_____	书面报告已出具	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	

附 录 B  
(资料性)  
污染物回收与处置记录表

表 B.1 给出了污染物回收与处理记录内容。

表 B.1 污染物回收与处置记录表

项目名称		项目编号	
作业地点		回收日期	
作业服务商		经办人员	

  

项目	内容	选项/说明	备注
<b>一、现场回收记录</b>			
回收率验证方法	<input type="checkbox"/> 定量称重 <input type="checkbox"/> 过程控制 <input type="checkbox"/> 微量声明	需附计算过程或视频编号	
现场估算回收率	%	应满足9.1条分级要求	
<b>二、固体残渣转移与处置记录</b>			
处置路径选择	<input type="checkbox"/> 码头接收 <input type="checkbox"/> 自营转运-危废 <input type="checkbox"/> 自营转运-一般固废		必填
接收/处置单位名称			
处置单位资质证号			
最终处置方式	<input type="checkbox"/> 高温灭活( °C, min) <input type="checkbox"/> 资源化利用 <input type="checkbox"/> 填埋 <input type="checkbox"/> 焚烧		

**附录 C**  
**(资料性)**  
**典型污损生物单位面积湿重参考表**

表 C.1 给出了典型污损生物单位面积湿重参考内容。

**表 C.1 典型污损生物单位面积湿重参考表**

污损等级 (FR)	主要生物类型	参考湿重 (kg/m <sup>2</sup> )	适用说明
FR 0~20	粘液层、藻类	0.05~0.2	轻微污底
FR 30~50	软体水媳、薄苔	0.2~0.8	常规巡航
FR 60~80	藤壶、贻贝	0.8~3.0	需加强抽吸
FR 90~100	牡蛎、大型硬壳	>3.0	极难回收

### 参 考 文 献

- [1] International Maritime Organization. IMO MEPC.378 (80) 船舶生物污垢控制与管理指南 [S]. 2023.
- [2] International Maritime Organization. IMO MEPC.1/Circ.918 船舶生物污垢水下清洗指南 [S]. 2025.
- [3] 中国船舶工业行业协会. T/CIN 095—2025 船体水下清洗机器人操作技术要求 [S]. 2025.
- [4] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB 3552—2018 船舶水污染物排放控制标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [5] 中华人民共和国海洋环境保护法 (2023 修订) [Z]. 2023.
- [6] 中华人民共和国固体废物污染环境防治法 (2020 修订) [Z]. 2020.
- [7] 中华人民共和国交通运输部. 水上水下作业和活动通航安全管理规定 (2021 年第 24 号令) [Z]. 2021.
-