

ICS 47.020.99

CCS U 42



中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 13001—2026

船用碳捕集系统技术要求

Technical specification for onboard carbon capture system



2026-02-11 发布

2026-03-01 实施

中国船舶工业行业协会 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 系统组成	3
5 要求	5
6 试验方法	6
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输、贮存	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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中船动力（集团）有限公司、中太能源科技（上海）有限公司、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院。

本文件主要起草人：陈瑞侃、郭江峰、李鸣祺、何炜、李巧平、高道清、陈安京、孔凡红、罗嵒兮。



船用碳捕集系统技术要求

1 范围

本文件规定了船用碳捕集系统的系统组成、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存。本文件适用于采用化学吸收法作为吸收剂的船用碳捕集系统的设计和验收。

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。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 150.2 压力容器 第2部分：材料
- GB/T 150.4 压力容器 第4部分：制造、检验和验收
- GB/T 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.34 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z/AD：温度/湿度组合循环试验
- GB/T 3323.2 焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的X和伽玛射线技术
- GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 10628 气体分析 校准混合气组成的测定和校验 比较法
- GB/T 11633 船舶机舱集中控制台通用技术条件
- GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则
- GB/T 20801.1 压力管道规范 第1部分：工业管道
- GB/T 23938 高纯二氧化碳
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
- GB/T 25150 工业设备化学清洗中奥氏体不锈钢钝化膜质量的测试方法 蓝点法
- GB/T 32259 焊缝无损检验 熔焊接头目视检测
- GB/T 45121 火力发电厂烟气二氧化碳捕集系统能耗测定技术规范
- 中国船级社 《钢质海船入级规范》 2025
- 中国船级社 《材料与焊接规范》 2025
- 中国船级社 《船舶应用碳捕集系统指南》 2023
- 中国船级社 《船用柴油机氮氧化物排放试验及检验指南》 2020

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3. 1

船用碳捕集系统 onboard carbon capture system

从船舶燃烧装置废气中捕集气态二氧化碳的船舶尾气后处理装置。

3. 2

废气冷却装置 exhaust gas cooling device

在二氧化碳吸收装置中通过预洗涤或换热器等方式冷却废气的装置。

3. 3

吸收剂 absorbent

用于选择性吸收船舶燃烧装置废气中二氧化碳的液体。

3. 4

富液 rich absorbent

吸收剂在吸收单元内吸收了二氧化碳后形成的液体。

3. 5

贫液 lean absorbent

富液经过解吸单元分离出二氧化碳后形成的液体。

3. 6

再沸器 reboiler

用于加热吸收剂使其达到解吸温度以释放液体中被吸收的气体的热交换器。

3. 7

吸收剂供给单元 absorbent supply unit

向二氧化碳吸收单元供应吸收剂的单元。

3. 8

吸收剂储罐 absorbent storage tank

用来储存液体吸收剂的储罐，包括用于储存或临时储存在系统中循环的吸收剂暂存设备。

3. 9

气液分离单元 gas-liquid separator unit

用于从捕集后的二氧化碳气体中分离去除液体的设备。

3. 10

二氧化碳压缩单元 carbon dioxide compression unit

用于将捕集后的低压气态二氧化碳压缩转化为高压气态二氧化碳的设备。

3. 11

二二氧化碳液化单元 carbon dioxide liquefaction unit

用于将压缩后的高压气态二氧化碳冷却转化为高纯度液态二氧化碳的设备。

3. 12

二氧化碳存储单元 carbon dioxide storage unit

安装在船上存储液体二氧化碳的压力容器。

3. 13

系统吸收效率 system absorption efficiency

在额定负荷下进气与排气中二氧化碳浓度的相对变化。按公式(1)计算:

$$\tau = 1 - \frac{1-I_1}{I_1} \times \frac{I_2}{1-I_2} \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中：

τ ——二氧化碳吸收能力, 无量纲;

I_1 —吸收单元进气二氧化碳的浓度，单位为体积百分比（vol%）；

I_2 —吸收单元排气二氧化碳的浓度，单位为体积百分比（vol%）。

3. 14

捕集能耗 capture energy consumption

船用碳捕集系统解吸塔中，从富液中分离每吨二氧化碳所需的热量，单位为吉焦每吨二氧化碳(GJ/tCO₂)。

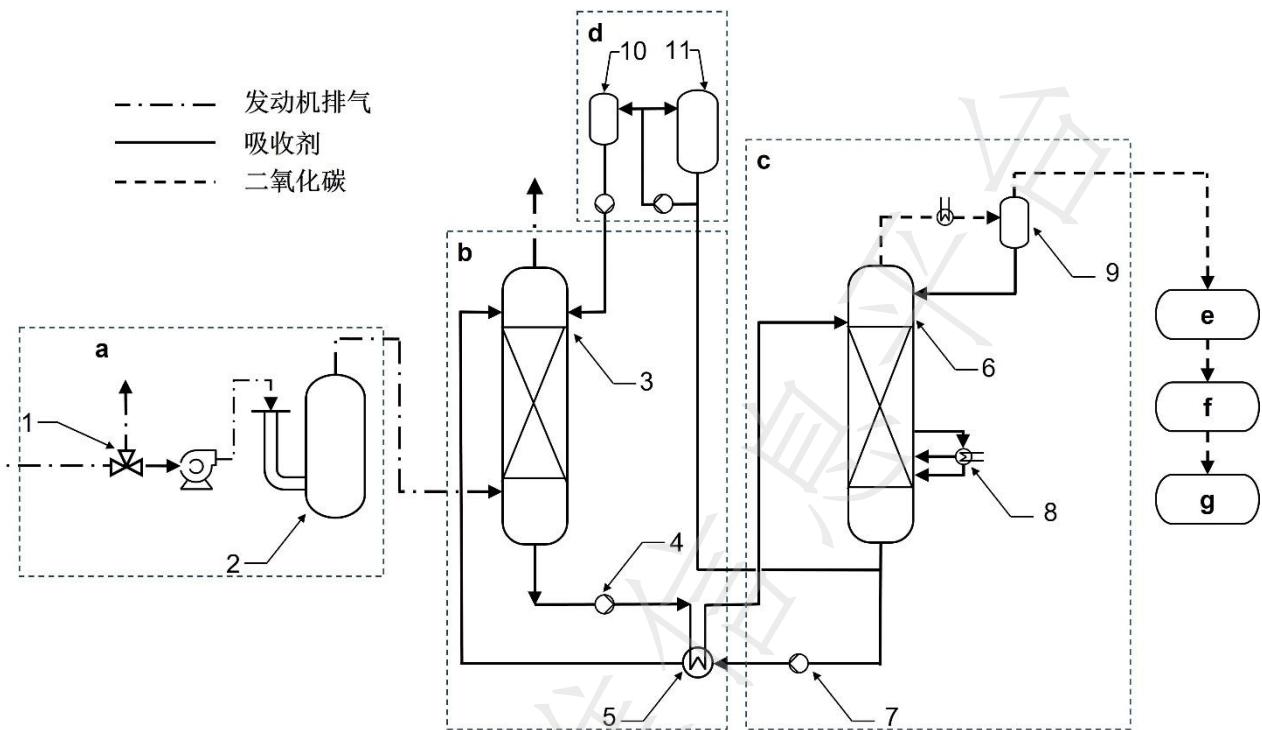
3. 15

解吸二氧化碳纯度 purity of desorbed carbon dioxide

解吸气体中二氧化碳所占解吸气体总量的体积百分比。

4 系统组成

4.1 船用碳捕集系统的构成应至少包括引气与预处理单元、吸收单元、解吸单元、吸收剂供应系统、二氧化碳压缩单元、二氧化碳液化单元、二氧化碳存储单元等，系统原理图见图1。



标引序号和符号说明：

a——引气与预处理单元；

b——吸收单元；

c——解吸单元；

d——吸收剂供应系统；

e——二氧化碳压缩单元；

f——二氧化碳液化单元；

g——二氧化碳存储单元；

1——引气与旁通结构；

2——废气冷却装置；

3——吸收塔；

4——富液泵组；

5——贫富液换热器；

6——解吸塔；

7——贫液泵组；

8——再沸器；

9——气液分离装置；

10——吸收剂供给单元；

11——吸收剂储罐。

图 1 系统原理图

4.2 系统运行工作原理如下：

- a) 船舶燃烧装置的排气经引气与旁通结构调节后进入废气冷却装置，其降温过程应满足选定的化学吸收法工艺条件；
- b) 经预处理的排气以气液逆流方式进入吸收塔，排气与贫液接触并发生选择性吸收反应，生成富液，进入富液泵组；
- c) 富液经贫富液换热器升温后进入解吸塔，通过再沸器提供的热能使富液再生解吸出二氧化碳，再生后的贫液经循环泵返回吸收塔；
- d) 吸收剂通过吸收剂供给单元进行补充，系统停机时，富余的吸收剂可返回至吸收剂储罐储存；
- e) 解吸塔顶部排出的二氧化碳气体，依次经二氧化碳压缩机组、二氧化碳液化机组进入二氧化碳存储单元。

5 要求

5.1 功能

- 5.1.1 系统的详细图纸应取得所入船级的型式认可，认可范围应涵盖系统中所有设备、部件及其结构支撑、管道、法兰、阀门和电气布线。
- 5.1.2 系统在达到额定废气处理量时所产生的压损应满足发动机、锅炉等燃烧装置的要求。
- 5.1.3 系统中的吸收剂不应直接向环境排放。
- 5.1.4 系统应配置液位监测装置，提供报警和停机的信号。
- 5.1.5 系统发生故障时，应开启旁通阀并切断连接。
- 5.1.6 系统应具备自动控制、监测、报警功能，并设有手动操作的设施，应满足中国船级社《钢质海船入级规范》和中国船级社《船舶应用碳捕集系统指南》的要求。

5.2 材料

- 5.2.1 系统所使用的材料应符合 GB/T 150.2、GB/T 24511、中国船级社《钢质海船入级规范》和中国船级社《材料与焊接规范》的要求。
- 5.2.2 系统所使用材料应满足设计温度和设计压力条件下的耐腐蚀性、耐高温性要求。
- 5.2.3 密封材料应满足设计温度和设计压力条件下耐腐蚀性、耐高温性要求。

5.3 外观

- 5.3.1 焊缝应符合 GB/T 32259、GB/T 18851.1 和 GB/T 3323.2 的要求，部件的内、外表面应符合 GB/T 25150 的要求。
- 5.3.2 各类阀门和管路应标明介质类型、流向，截止阀应标明开启和关闭方向。

5.4 密性

- 5.4.1 船用碳捕集系统密性应符合 GB/T 20801.1 的要求。
- 5.4.2 压力容器应符合 GB/T 150.4 的要求。

5.5 安全性

5.5.1 船用碳捕集系统应设有本地及远程（必要时）紧急切断装置（ESD），触发报警时，应能关闭船用碳捕集系统。

5.5.2 设备应满足不低于 IP55 防护等级要求。

5.5.3 安装在危险区域的设备应为合格防爆型设备，应符合 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.2 的规定，且防爆等级不应低于 IIBT2。

5.5.4 电气设备的接地连接件应符合 GB/T 3836.1 的规定。

5.5.5 电缆引入装置应符合 GB/T 3836.1 的规定。

5.5.6 应有安全措施消除解吸装置高温和高压带来的风险，以及在设备运行和维护过程中对操作人员和环境的影响。

5.6 性能

5.6.1 本文件不将系统吸收效率作为强制性技术要求，可根据实际项目技术要求进行规定。

5.6.2 船用碳捕集系统的捕集能耗宜参考 GB/T 45121 的要求，宜不高于 3.5 GJ/tCO₂。

5.6.3 本文件不将解吸二氧化碳纯度作为强制性技术要求，可根据实际项目技术要求进行规定。

5.7 环境适应性

对安装于甲板区或暴露区的设备，均应符合 GB/T 2423.17 和 GB/T 2423.34 在盐雾和湿热的环境要求。

6 试验方法

6.1 功能试验

按 GB/T 11633 对系统的报警装置进行检验。

6.2 材料试验

按 GB/T 150.2、GB/T 24511、中国船级社《钢质海船入级规范》和中国船级社《材料与焊接规范》进行检验。

6.3 外观试验

6.3.1 焊缝按照 GB/T 32259 进行目视检查，按照 GB/T 18851.1、GB/T 3323.2 进行无损探伤检验，部件的内、外表面按照 GB/T 25150 对钝化膜进行蓝点检查。

6.3.2 警示标签、压力标识、流向箭头进行目视检查。

6.4 密性试验

6.4.1 按 GB/T 20801.1 对管道进行检验，气压试验介质可为压缩空气或氮气，试验时按试验压力的 10%逐级升压，在不低于 1.1 倍设计压力下保压不少于 10 min，各管路、设备、法兰连接处无渗漏。

6.4.2 按 GB/T 150.4 对容器进行检验，液压试验介质可为水，在 1.25 倍设计压力条件下保压不低于 30 min，压力容器无渗漏，无可见的变形和异常声响。

6.5 安全试验

- 6.5.1 根据系统信号交互清单和报警清单开展 ESD 试验，通过手动触发 ESD 装置或模拟超限信号触发报警，ESD 触发后观察系统安保联锁状态，验证 ESD 与主控系统的通讯逻辑。
 - 6.5.2 按 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.2 的规定对防爆性能进行试验。
 - 6.5.3 按 GB/T 4208 的规定对防护性能进行检验。
 - 6.5.4 接地连接件和电缆引入装置应进行目视检查。

6.6 性能试验

- 6.6.1 基于吸收剂与废气中二氧化碳选择性反应的条件下（不与废气中其他主要组分发生反应），通过监测二氧化碳吸收单元进气与二氧化碳吸收单元排气的二氧化碳浓度按公式(1)计算系统吸收效率。

6.6.2 采集吸收剂比热容、吸收剂流量、吸收剂进出口温度差值和解吸后二氧化碳质量流量来计算捕集能耗：

a) 通过计算解吸富液所需的热量得到所需再沸器功率，根据公式(2)计算解吸热量(Q)：

式中：

Q ——解吸热量，单位为千焦每小时（kJ/h）；

C ——吸收剂比热容，单位为千焦每千克每开尔文 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ；

m ——吸收剂循环量, 单位为千克每小时 (kg/h);

Δt ——再沸器进出口吸收剂的温度差值，以 K 计。

b) 捕集能耗根据公式(3)计算:

式中：

E ——捕集能耗，单位为吉焦每吨二氧化碳 (GJ/tCO₂)；

P ——解吸后的二氧化碳质量流量得到，单位为吨二氧化碳每小时（tCO₂/h）。

- 6.6.3 解吸二氧化碳纯度根据 GB/T 10628 执行，采样方案及测试结果计量方式根据 GB/T 23938 执行。

6.7 环境适应性试验

按 GB/T 2423.17 和 GB/T 2423.34 要求在设计条件下进行盐雾、湿热试验。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件规定的检验为型式检验和出厂检验。

7.2 型式检验

7.2.1 检验时机

- 7.2.1.1 船用碳捕集系统应在下列时机进行型式检验:

- a) 产品材料、结构、工艺有规则性改变;
- b) 转厂生产的首制产品;
- c) 国家质量监督部门提出的要求。

7.2.1.2 船用碳捕集系统的型式检验应在具备可模拟实际运行工况的试验台架上进行，并可在系统具备明确的功能边界、稳定的接口条件及已完成安全完整性确认的前提下，按功能单元分别实施型式检验。若无法在台架上完成全部型式检验内容，应在系统安装上船后、投入运营前完成剩余的型式检验项目。

7.2.2 受检样品数

对结构型式相同而规格不同的系列产品，在进行型式检验时可只检验一种规格。受检数量为1台。

7.2.3 检验项目

型式检验的项目见表1。

7.2.4 合格判据

当所有检验项目均符合要求时，则判定型式检验合格；若有1项不符合要求时，允许采取纠正措施并对不符合要求项目重新检验，若重新检验符合要求，仍判定该产品型式检验合格；若多于1项不符合要求或重新检验仍不符合要求，则判定型式检验不合格。

7.3 出厂检验

7.3.1 样品数量

每套船用碳捕集系统均应进行出厂检验。

7.3.2 检验项目

出厂检验的项目见表1。

表1 检验项目表

序号	检验项目	检验类别		要求章条号	检验方法章条号
		型式检验	出厂检验		
1	功能	●	○	5.1	6.1
2	材料	●	●	5.2	6.2
3	外观	●	●	5.3	6.3
4	密性	●	●	5.4	6.4
5	安全性	●	●	5.5	6.5
6	性能	●	○	5.6	6.6
7	环境适应性	●	○	5.7	6.7

注：●必检项目；○协商检验项目。

7.3.3 合格判据

当所有检验项目均符合要求时，则判定出厂检验合格；若有1项不符合要求时，允许采取纠正措施后对不符合要求项目进行重新检验，若重新检验符合要求，仍判定该产品出厂检验合格；若多于1项不符合要求或重新检验仍不符合要求，则判定出厂检验不合格。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

每套船用碳捕集系统应在醒目的部位设置铭牌。铭牌应标明下列信息：

- a) 产品名称；
- b) 型号；
- c) 重量；
- d) 出厂日期、编号；
- e) 制造厂名称；
- f) 船检标记。

8.2 包装

8.2.1 包装箱宜采用木板箱或三防布内衬塑料薄膜的方式进行包装。箱体应采取加固措施，其牢固程度应能保证在运输过程中箱体不发生破损。

8.2.2 包装应适应运输及装卸要求。

8.2.3 包装箱内应具有装箱清单。

8.3 运输

运输过程中，应对包装箱采取固定措施，并有防止雨、雪淋袭和撞击的措施。装卸时应避免跌落碰撞，不应与有腐蚀性物品混装混运。

8.4 贮存

系统设备安装前应贮存于清洁、通风、干燥、无腐蚀物质的仓库内。